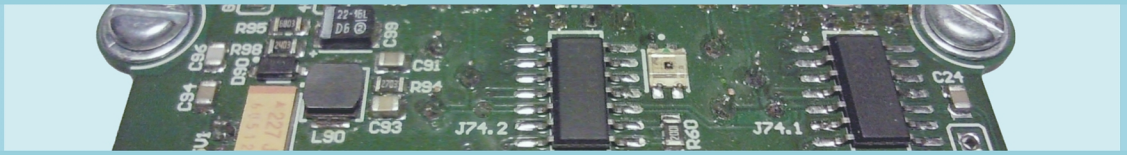
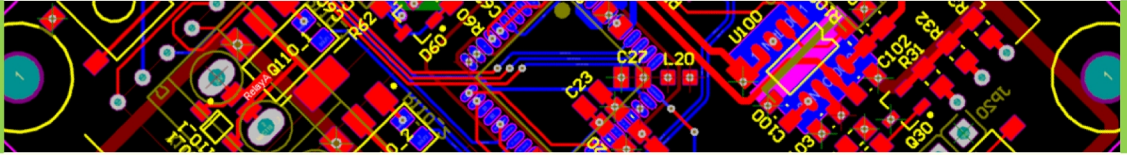
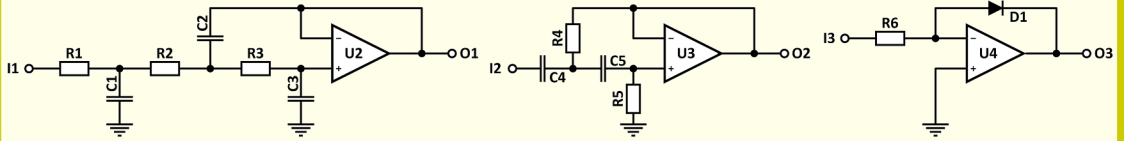


Daniel Schöni



Schaltungs- und Leiterplattendesign im Detail

Von der Idee zum fertigen Gerät

Schaltungs- und Leiterplattendesign im Detail

Von der Idee zum fertigen Gerät

Danksagung

Prof. Dr. Hubert Kaeslin, Leiter des Microelectronic Designcenters an der ETH in Zürich ermöglichte mir mit der Anstellung im Departement für Informationstechnologie und Elektrotechnik die Leitung des Kurses „Schaltungs- und Leiterplattendesign in der Praxis“ und die Mitarbeit an sehr unterschiedlichen aber interessanten Projekten, auch aus Bereichen der Physik, Biologie, Chemie, Maschinenbau und Verfahrenstechnik.

Der Kurs gelangte in den folgenden Jahren zu einem persönlichen Erfolg und ich freute mich immer, wenn Kursteilnehmer Inhalte mit mir diskutierten oder Anregungen gaben.

Dr. Norbert Felber vom Integrated Systems Laboratory verhalf mir zur Einsicht in einige Aspekte der Themen EMV und High-Speed, insbesondere durch die Möglichkeit, mich an sehr anspruchsvollen Projekten zu beteiligen.

Dr. Frank Gürkaynak und Beat Muheim, meine Mitarbeiter im Microelectronic Designcenter gaben mir Gelegenheit, Einblick in die Chip-Entwicklung zu nehmen und beim Bau von Adaptern zum Chip-Test mitzuwirken.

Rudolf Köppel, mein Vorgänger an der ETH, übergab mir 2009 eine umfangreiche Kursdokumentation, auf der ich weiter aufbauen konnte. Ebenso verhalfen mir Seminare und Veranstaltungen des FED, sowie Diskussionen mit Veranstaltern und anderen Besuchern während der jährlichen FED-Konferenzen zu weiterem Wissen im Bereich des Designs und Aufbaus von Leiterplatten und Baugruppen.

Ihnen allen möchte ich hiermit herzlich danken.

Zum Autor

Daniel Schöni bildete sich nach seiner Lehre als FEAM (Fernmelde- und Elektronik-Apparate-Monteur) vorwiegend autodidaktisch fort. Neben seinen Kenntnissen in der Elektronik erarbeitete er sich umfangreiches Wissen in den Bereichen Mathematik, Informatik und IT.

Als Entwickler arbeitete er mit TI Code-Composer, Atmel Studio und Microsoft Visual Studio, als Designer mit Seetrix Ranger, OrCad, Protel, Eagle, Pads 2005, Altium Designer und KiCad.

Von 2009 bis 2015 war er als Dozent für Schaltungs- und Leiterplatten-Design an der ETH Zürich tätig.

Schaltungs- und Leiterplattendesign im Detail

Von der Idee zum fertigen Gerät

Daniel Schöni

20. März 2017

Zusammenfassung

Dieses Handbuch soll dem Elektronik-Designer systemunabhängig die wichtigsten Grundlagen zum Design elektronischer Schaltungen, Leiterplatten und Baugruppen vermitteln.

Dieses Buch erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Der Zweck des Buches ist, dem Leser Ideen, Anhaltspunkte und Vorschläge zur Vorgehensweise bei der Entwicklung elektronischer Schaltungen, Geräte und Baugruppen zu geben. Es vermittelt lediglich den Wissensstand des Autors zum Zeitpunkt der Verfassung. Anweisungen und Ratschläge dienen allein der Vermittlung dieses Wissens und deren Befolgung obliegt allein dem Verständnis, der Vernunft und der Verantwortung des Lesers bei deren Ausführung. Für Fehler und deren Auswirkungen durch Befolgung von Inhalten dieses Buches kann keinerlei Verantwortung oder Haftung übernommen werden.

Das Buch richtet sich in erster Linie an Personen, die eine Grundausbildung in Elektronik absolviert haben. Amateur- und Hobby-Elektronikern wird empfohlen, ein entsprechendes Werk griffbereit zu halten, um sich bei Unklarheiten und Nichtverstehen das notwendige Wissen daraus zu ergänzen. Ich empfehle dazu ein Lehrbuch über die Grundlagen der Elektronik, ein mathematisches Formelbuch, sowie für Fortgeschrittene das Buch Halbleiter-Schaltungstechnik (U.Tietze und Ch. Schenk).

Copyright: ©2017 Daniel Schöni

Herstellung und Verlag: BoD - [Books on Demand](#), Norderstedt

ISBN: 978-3-7431-8335-3

Umschlaggestaltung, Satz und Layout: Daniel Schöni.

Dieses Buch wurde mit \LaTeX erstellt. Grafiken und Abbildungen entstammen, wo nicht anders vermerkt, aus eigener Produktion.

Verwendete Software für Grafiken und Bilder:

TikZ (LaTeX), Microsoft Visio 2007, KiCad 4.0.4 und paint.net 4.0.13

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Vorwort	1
Ein Wort zu Kunst	3
Worauf beruhen unterschiedliche Layouts und Designs ?	4
Bestellung und Vergabe von Aufträgen	5
1 Entwicklung elektronischer Geräte	7
1.1 Von der Idee zum fertigen Produkt	7
1.1.1 Die Idee	8
1.1.2 Sinn und Zweck	8
1.1.3 Funktion	9
1.1.4 Ziele	9
1.1.5 Wege zum Ziel	10
1.1.6 Kostenfaktoren	13
1.1.7 Nutzen und Gewinn	16
1.1.8 Umweltfaktoren	17
1.2 Spezifikation	18

1.2.1	Produkt-Beschreibung	19
1.2.2	Funktionsübersicht	26
1.2.3	Funktionsmuster	28
1.2.4	Vorgaben	29
1.2.5	Pflichten- und Lastenheft	35
1.2.6	Patente	37
1.3	Richtlinien und Vorschriften	40
1.3.1	Richtlinien	40
1.3.2	Vorschriften	41
1.3.3	Normen	43
1.4	Machbarkeit	48
1.4.1	Planung	48
1.4.2	Nachfrage	49
1.4.3	Finanzierung:	49
1.4.4	Worst-Case Scenario	50
1.4.5	Realisierbarkeit	50
1.5	Businessplan	51
1.6	Schlussbewertung zur Ausführbarkeit	52
2	Planung	53
2.1	Produktekreationsprozess	54
2.2	Produktphasen	55
2.2.1	Vorbereitung	55
2.2.2	Konzeptausarbeitung	56
2.2.3	Grundentwicklung	56
2.2.4	Produktentwicklung	57

2.2.5	Fertigungsüberleitung	58
2.2.6	Beginn der Serienfertigung	59
2.2.7	Produktion	59
2.2.8	Produktbetreuung	60
2.2.9	Entsorgung und Recycling	60
2.3	Design Flow	61
2.3.1	Allgemeiner Design Flow	61
2.3.2	Flussdiagramm zeigt Abhängigkeiten	62
2.3.3	Meilensteine	65
2.3.4	Überprüfung (Review)	65
2.4	Terminplanung	66
2.4.1	Grundlagen Terminplanung	66
2.4.2	Erfahrungswerte für Arbeiten	67
2.4.3	Gantt-Diagramm	68
2.4.4	Tabellenkalkulation	69
2.4.5	History Sheet	69
2.5	Kostenlimit für die Entwicklung	72
2.5.1	Missverständnisse, fehlende Absprachen und mangelhafte Kommunikation	72
3	Design-Tools	75
3.1	Mechanik	76
3.1.1	Beispiele einiger Mechanik-Systeme	77
3.1.2	Simulation	77
3.1.3	Datenaustausch	78
3.2	Elektronik	79

3.2.1	Komplettsysteme	81
3.2.2	freie Systeme	82
3.2.3	einfache Systeme	82
3.2.4	High-End Systeme	82
3.3	Firm- und Software	83
3.3.1	Softwaredesign	83
3.3.2	Embedded Design	83
3.3.3	In-circuit Programming	84
3.3.4	Debugging	84
3.4	Weitere Bereiche	85
3.5	Freeware oder kommerzielle Tools	86
3.5.1	Freeware	86
3.5.2	Kommerzielle Produkte	87
4	Baugruppendesign	89
4.1	Anforderungen und Eigenschaften	90
4.1.1	EMV	91
4.1.2	Signalübertragung	103
4.1.3	Elektromechanisches Schalten	110
4.1.4	ESD	116
4.1.5	IP-Schutzart	118
4.1.6	Klassifizierung und Komplexität	121
4.1.7	Mechanische Anforderungen	124
4.1.8	Wärmeentwicklung	127
4.1.9	Lebensdauer	138
4.2	Position und Lage bestimmter Komponenten	145

4.2.1	Anzeigen und Indikatoren	145
4.2.2	Bedienungselemente	146
4.2.3	Sensoren	147
4.2.4	Schnittstellen	148
4.2.5	Kabelzuführung	149
4.2.6	Sicherheitselemente	149
4.2.7	Stromversorgung	153
4.2.8	Türen und Klappen	153
4.2.9	Hilfsfunktionen	153
4.2.10	Beschriftung	154
4.3	Mechanische Elemente	155
4.3.1	Frontplatten	155
4.3.2	Gehäuse	157
4.3.3	Befestigung	158
4.3.4	Mechanische Funktionen	161
4.4	Verdrahtung	162
4.4.1	Leiterdichte	162
4.4.2	Leiterabstand	163
4.4.3	Leiterquerschnitt	164
4.4.4	Isolationsmaterialien	165
4.4.5	Installationsdraht	166
4.4.6	Flexible Litzen	166
4.4.7	Mehrfachkabel	166
4.4.8	Kupferlackdraht	167
4.4.9	Geschirmte Kabel	168
4.5	Verbindungstechnik	169

4.5.1	Wire-Wrap Technik	169
4.5.2	Löttechnik	170
4.5.3	Schraubanschlüsse	170
4.5.4	Klemmtechnik	170
4.5.5	Presstechnik	171
4.5.6	Bonden	172
4.5.7	Galvanisieren	172
4.5.8	Fügen, Schweißen	173
4.5.9	Steckverbinder	173
4.6	Aufbau und Realisation	179
4.6.1	Einzelgeräte	179
4.6.2	Prototypen und Muster	179
4.6.3	Nullserie	180
4.6.4	Serie	181
4.7	Inbetriebnahme und Test	183
4.7.1	Tests in der laufenden Produktion	183
4.7.2	Testbarkeit	184
4.7.3	Erste Inbetriebnahme von Prototypen	186
4.7.4	Typische Fehler bei Prototypen	188
4.7.5	Stichproben auf Widerstandsfähigkeit	190
4.8	Produktbetreuung	191
4.8.1	Service = Dienstleistung	191
4.8.2	Reparatur	191
4.8.3	Entsorgung - Recycling	193

5	Funktionsdesign	195
5.1	Blockschema	195
5.2	Schema	195
5.2.1	Globale und lokale Elemente	196
5.2.2	Funktionsblöcke	196
5.2.3	Hierarchie	197
5.2.4	Übergänge zwischen Blättern	198
5.2.5	Darstellung	199
5.2.6	Schema Beispiele	210
5.2.7	Netzlisten	224
5.2.8	Stücklisten	224
5.2.9	Bibliotheken	225
5.2.10	Testbarkeit	225
5.3	Komponenten	226
5.3.1	Funktion gesucht	226
5.3.2	Angebote: Distributoren und Händler	228
5.3.3	Verträge	229
5.3.4	Komponenten-Evaluation in Betrieben	230
5.4	Kriterien zur Auswahl von Komponenten	231
5.4.1	Bauform	232
5.4.2	Leistung	234
5.4.3	Chip-Komponenten: Baugrößen	235
5.4.4	Kondensatoren	237
5.4.5	Spulen	243
5.4.6	Widerstand und Frequenz	244
5.4.7	Operationsverstärker	244

5.4.8	Logik	247
5.5	Simulation	249
5.5.1	Gründe für eine Simulation:	250
5.5.2	Simulations-Modi und -Typen	251
5.5.3	Spice	252
5.5.4	Fehlfunktion: Simulation oder Schaltung?	260
5.5.5	Fazit	260
5.5.6	Field-Solver (EMS)	262
5.5.7	Thermische Simulation	263
5.6	Vorgaben für Leiterplatten im Schema	264
5.6.1	Strompfade	264
5.6.2	Spannungen	264
5.6.3	Leistungsbereiche	264
5.6.4	Differentielle Leiter	264
5.6.5	Impedanzkontrolle	265
5.6.6	Vorgaben der Hersteller	265
5.7	Schema-Funktionsprüfung	266
5.7.1	Electrical Rule Check	266
5.7.2	Optische Prüfung	267
5.7.3	Review	267
6	Leiterplattendesign	269
6.1	Sinn und Zweck	269
6.1.1	Träger für Komponenten	269
6.1.2	Leitungsträger für Verbindungen	270
6.1.3	Bauteil mit eigenen Eigenschaften	270

6.2	Kurze Geschichte der Leiterplatte	271
6.2.1	Wichtigste Daten und Patente	271
6.2.2	Fertigungsverfahren	272
6.2.3	Layerverwendung	272
6.2.4	Layoutübertragungstechnik	273
6.2.5	Masssysteme	273
6.2.6	Umrechnung Zoll - Meter	274
6.2.7	Koordinatensystem	274
6.3	Anforderungen an Leiterplatten	275
6.3.1	Packungsdichte	275
6.3.2	Machbarkeit	276
6.4	Trägermaterial für Leiterplatten	277
6.4.1	Einige Begriffe	277
6.4.2	Basismaterial	278
6.4.3	Aufbau von Basismaterial	279
6.4.4	Kenndaten	287
6.4.5	Materialauswahl	291
6.4.6	Daten einiger Basismaterialien im Vergleich	292
6.5	Leiterplattenfertigung	294
6.5.1	Leiterplattentypen	294
6.5.2	Oberflächen	297
6.5.3	Einfache Leiterplatten	301
6.5.4	Multilayer	302
6.5.5	Herstellung eines Multilayers	303
6.5.6	Leiterplatten Aufbau	312
6.5.7	Löcher und Bohrungen	322

6.5.8	Fertigungsdaten	339
6.6	Board Erstellung	352
6.6.1	Wahl der Strategie	354
6.6.2	Layer einrichten	356
6.6.3	Definition der Leiterplatte	362
6.6.4	Beschriften, Vermassen und Dokumentieren	366
6.6.5	Platzieren	373
6.6.6	Routen (Leiter verlegen)	381
6.6.7	Stromtragfähigkeit und Erwärmung	398
6.6.8	Leiterabstand und elektrische Isolation	416
6.6.9	Testpunkte	421
6.7	EMV-Design	423
6.7.1	Versorgungssysteme	423
6.7.2	Proximity-Effekt	429
6.7.3	Mehrere Versorgungssysteme	432
6.7.4	Leiterführung	434
6.8	High-Speed-Design	437
6.8.1	Wann beginnt „High-Speed“ ?	437
6.8.2	Kritische Leiterlänge	439
6.8.3	Impedanzkontrollierte Leiter	440
6.8.4	Vias im High-Speed-Umfeld	446
6.8.5	Besondere Materialien für hohe Frequenzen	451
6.8.6	Differentielle Leiter	452
6.9	spezielle Anforderungen	455
6.9.1	bewegliche Teile	455
6.9.2	Flex	456

6.9.3	Starr-Flex	464
6.9.4	Semi-Flex	474
6.9.5	ZIF-Kontaktierung	477
6.9.6	Eingebettete Komponenten	480
6.9.7	MID-Technologie	486
6.10	Regeln, Rules und Constraints	489
6.10.1	Definieren von Rules	489
6.10.2	Wichtigste Rules	491
6.10.3	Elektrisch und Routing	491
6.10.4	Herstellung	491
6.10.5	Planes und Polygone	493
6.10.6	Masken	494
6.10.7	Bestückung	494
6.10.8	High-Speed und EMV	495
7	Bibliotheken	497
7.1	Komponenten-Verwaltung	497
7.1.1	Komponenten-Erfassung	498
7.1.2	Bauteile-Bibliotheken	499
7.1.3	Komponenten-Definition	502
7.2	Schema-Bibliothek	505
7.2.1	Symbolbibliothek erstellen	505
7.2.2	Masse und Raster	506
7.2.3	Aufbau von Schema-Symbolen	507
7.2.4	Bezeichnung von Schemasymbolen	507
7.2.5	Parts (Einzel-Schaltkreise)	508

7.2.6	Pinbelegung und -Bezeichnung	508
7.2.7	Polarisierte Bauteile	509
7.2.8	Nichtelektrische Bauteile	510
7.3	PCB-Bibliothek	511
7.3.1	Voraussetzungen	512
7.3.2	SMD-Landflächen nach IPC-7351B	515
7.3.3	THT-Landflächen	523
7.3.4	Namen Definition nach IPC-Standard	528
7.3.5	Weitere Bauformen	537
7.3.6	Landflächen nach Hersteller-Vorgabe	537
7.3.7	Namen Definition allgemein	538
7.3.8	Null-Rotation für Bauteile	545
7.3.9	Beispiele	548
7.3.10	Nachwort	557
8	Baugruppenfertigung	559
8.1	Umgang mit Komponenten	559
8.1.1	ESD - Elektrostatische Entladungen	560
8.1.2	ESD - Ereignis	567
8.1.3	ESD - Schutz	570
8.1.4	Verweise auf Literatur	580
8.2	Fertigung	581
8.2.1	Fertigungsdaten	581
8.2.2	Lotpasten-Druck	586
8.2.3	Manuelles Bestücken	587
8.2.4	Maschinelles Bestücken	590

8.2.5	Löten	592
8.2.6	Design-Anforderungen	596
8.2.7	Bestückungsnutzen	597
8.2.8	Variantenbestückung	598
8.3	Baugruppen-Tests	599
8.3.1	Optische Inspektion	600
8.3.2	Automatische optische Inspektion (AOI)	600
8.3.3	In-Circuit-Test	602
8.3.4	Flying-Probe-Test	609
8.3.5	Prüfzeichen	611
8.3.6	EMV-Tests	612
8.4	Inbetriebnahme	621
8.4.1	Burn-In Test	622
8.5	Leiterplattenreparatur	623
8.5.1	Verwechselte Speisungsanschlüsse	623
8.5.2	Verwechselte Anschlüsse	623
8.5.3	Vergessene Komponenten	624
8.5.4	Leiterbahnen	625
8.5.5	Vias	626
8.5.6	Durchkontaktierung in Befestigungslöchern	626
8.5.7	Rückzug der Planes in Befestigungslöchern	627
8.5.8	Beispiel: Mechanischer Bruch in Multilayer	627
8.6	Auftragsabwicklung	628
8.6.1	Auftragsvergabe	628
8.6.2	Offertanfrage	628
8.6.3	Bestellung	629
8.6.4	Rückfragen	630

Anhang A: Projektübernahme	631
Anhang B: Musterleiterplatte	633
Anhang C: Glossar	639
Index	648
Quellenverzeichnis	663

Vorwort

Die Schaltungsentwicklung fängt bei der Idee an und reicht bis hin zum fertigen Produkt.

Die Leiterplattenentwicklung scheint in diesem Sinne eine untergeordnete Disziplin zu sein, hat aber durchaus weitergehenden Charakter.

Eine Schaltung kann sicher als 'fertig' oder 'funktionell abgeschlossen' angesehen werden, wenn sie auf einem Experimentierboard läuft, oder sogar, wenn sie erfolgreich simuliert werden konnte.

Eine Leiterplatte kann für eine bereits fertig entwickelte Schaltung, oder aber auch im Rahmen der Schaltungsentwicklung design't und mitentwickelt werden, so dass eine fertige Leiterplatte existiert, wenn die Schaltungsentwicklung abgeschlossen werden kann.

Beide Entwicklungsvorgänge sind im Wesentlichen zwei unterschiedliche Disziplinen, die sich jedoch gegenseitig beeinflussen und voneinander abhängig sind. Die grundlegende Schaltung, für die eine Leiterplatte entwickelt werden soll, gibt einen Rahmen für die Leiterplattenentwicklung vor. Allerdings können Eigenschaften der Leiterplatte, wie Materialeigenschaften, Leiterführung und Platzierung wiederum Einflüsse auf die Schaltung haben, die - werden sie nicht berücksichtigt - negative Effekte auf ihre Funktion bis hin zur Funktionsunfähigkeit haben können.

Beide Entwicklungsvorgänge sind somit einem weiteren, umfassenderen Bereich zuzuordnen, der Produkt- oder Baugruppenentwicklung. Hierunter fallen weiterführende Betrachtungen zu Materialverfügbarkeit, Umgebungs- und Einsatzbedingungen, Test und Produktion, Produktlaufzeit, Reparatur und Unterhalt,

Dokumentation und Qualität, Umweltverträglichkeit, Entsorgung und Recycling, sowie Kosten zu allen Punkten.

Wir haben häufig die Situation, dass nur einzelne Aspekte der Produktentwicklung wirklich Beachtung finden, das sind in der Regel die mechanische Konstruktion und die Schaltungsentwicklung. Alle anderen Aspekte finden meist keine oder nur mässige Beachtung und machen sich erst im Laufe der Weiterentwicklung zum fertigen Produkt durch unangenehme Erscheinungen bemerkbar, die nach einer Lösung verlangen.

Die Situation bessert sich, je mehr Qualitätsvorschriften optimal umgesetzt werden können, wenn diese vorhanden sind, oder je mehr die Verantwortlichen für die Produktentwicklung bereit sind, die Problematik richtig einzuschätzen, entstehende Kostenfaktoren in konsequente Handlung umzusetzen und für nachfolgende Produktentwicklungen die Beachtung auf die fehlenden Aspekte zu richten, um die alten Fehler zu vermeiden.

Ein ISO9001-Zertifikat ist relativ teuer und mit viel Arbeit und umfangreichen Audits verbunden. Gerade kleinere Firmen haben häufig das Problem, dass sie sich ein so umfangreiches Qualitäts-Management deshalb nicht leisten können. Es bleibt oft nur übrig, sich und den Mitarbeitern bewusst zu machen, woran und wofür gearbeitet wird und wo die Problematiken liegen. Allerdings ist gerade hier wichtig, dass diese Punkte dokumentiert werden und dass die Dokumentation aktualisiert wird, um so mit der Zeit ein Qualitätsregelwerk aufzubauen.

Die Leiterplattenentwicklung wird leider allzu oft stiefmütterlich behandelt, nicht als aufwändige und fachlich anspruchsvolle Arbeit angesehen, sondern als nebensächlich abgetan. Dabei ist die Leiterplatte das Skelett der Baugruppe oder des Produktes. Es ist auch das Skelett, das uns Menschen überhaupt erst befähigt, aufrecht zu gehen.

Ein Wort zu Kunst

Jede Leiterplatte ist eine individuelle Kreation der sie schaffenden Person und kann somit als Kunstwerk angesehen werden. Ein Kunstwerk bedeutet nichts anderes, als dass etwas 'künstlich' erschaffen wurde, also nicht 'natürlich' gewachsen ist. Ist ein Leiterplattenkonstrukteur, -Designer oder -Entwickler somit ein Künstler ?

Ein Künstler ist jemand, der es versteht mit seinen Werkzeugen umzugehen, um etwas zu erschaffen, das anderen - und hoffentlich auch ihm selbst - gefällt. Dies trifft im Wesentlichen auf jeden Bastler, Handwerker, Ingenieur usw zu, der selbständig arbeiten und etwas erschaffen oder gestalten kann. Das ist aber nur die halbe Wahrheit.

Frage: Was unterscheidet uns vom Künstler ?

Antwort: Wir wissen (oder glauben es wenigstens), was wir tun.
Ein Künstler erschafft oftmals Dinge, von denen er zum Zeitpunkt des Beginns seiner Arbeit nicht weiss, was es einmal werden wird.

Fazit: Je mehr wir uns fragen, weshalb etwas, das wir erschaffen haben, überhaupt läuft, umso mehr werden wir zum Künstler.

Es ist in jedem Falle so, dass bei der Leiterplattenentwicklung zu Beginn nicht bekannt ist, wie die Bauteile platziert und die Leiter gelegt werden. Wäre es anders, bräuchte es uns nicht und wir könnten unsere Zeit anderen Aufgaben widmen. Allerdings geht es bei der Leiterplattenentwicklung nicht darum, ein Kunstwerk zu schaffen, sondern darum, anhand vorher festgelegter Bedingungen eine funktionierende Einheit zu erhalten.

Unterschiedliche Layouts und Designs ?

Es geht darum, Verbindungen einer Schaltung ab Schema unter Berücksichtigung bereits vorhandener Vorgaben möglichst optimal physikalisch abzubilden. Vorgaben sind in der Regel: Pflichtenheft/Lastenheft, Funktionsschema, Richtlinien (IPC), Gesetze und Vorschriften, physikalische Anforderungen. Eine Rolle spielen dann noch die Erfahrung und die Kenntnisse des Layouters.

Natürlich gibt es verschiedene Ansichten, die daher kommen, dass nicht allen Beteiligten dieselbe Kenntnis von Daten und Fakten haben und somit von ihnen unterschiedlich bewertet werden. Grundlegend läuft dies unter dem Thema „Missverständnisse“ zusammen. Durch detaillierte Abklärungen und Dokumentation können aber Differenzen minimiert und auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden, was bei jedem Projekt vorab getan werden sollte, um nachträgliche Kosten zu vermeiden.

Ich bin der Meinung, dass bei genügender Abklärungsarbeit und mit Berücksichtigung aller Umstände, mit genügender Sorgfalt des Layouters und unbegrenzter Zeit für ein Projekt stets ein ähnliches Resultat erzielt wird.

Sehr unterschiedliche Designs beruhen in der Regel auf:

1. Zeitdruck
2. Ungenügenden Abklärungen
3. Unkenntnis oder Unvollständigkeit von Pflichtenheft / Lastenheft (z.B Vorgaben zur Bedienung, Kabeldurchführung usw.)
4. Nichtbeachtung oder Unkenntnis von physikalischen Gegebenheiten (Gehäuse, Befestigung, Wärme, Vibrationen und Schocks, Stromstärken, usw.)
5. Nichtbeachtung von Richtlinien, Vorschriften und Gesetzen
6. Fehlende Erfahrung und fehlende Kenntnisse

Meistens in dieser Reihenfolge.

Dies basiert auf Beobachtungen, die ich auf meiner beruflichen Laufbahn in verschiedenen Firmen gemacht habe. Ich interessierte mich stets dafür, wie unterschiedliche Layouts zustande kommen, wenn man eine Schaltung optimiert und stellte fest, dass sich Layouts für eine bestimmte Funktion umso stärker angleichen, je mehr es Richtung Optimum geht.

Bestellung und Vergabe von Aufträgen

Wo sollen Sie Material bestellen, wo Aufträge zur Herstellung von Leiterplatten oder zur Fertigung von Baugruppen vergeben ?

Wenn Sie Aufträge und Bestellungen an weit entfernte Betriebe vergeben, ins Ausland und vielleicht sogar auf andere Kontinente, so vergeben Sie damit gleichzeitig auch die Arbeit an den anderen Standort. Sie schwächen damit die Wirtschaftskraft ihrer Region und somit ebenfalls ihre eigene Position.

Lieferanten, Firmen und Dienstleistern aus der Region sollten Sie grundlegend den Vorzug geben. Auch wenn regionale Betriebe vielleicht teurer sind, haben Sie die Nähe des Betriebs und die direkte Kontaktmöglichkeit als Vorteil. Sie vergeben Arbeit in ihre Umgebung und helfen damit wieder anderen, die vielleicht auch wieder ihre Produkte kaufen, oder bei ihnen Dienstleistungen beziehen werden.

Sprechen Sie mit Vertretern und Verkäufern dieser Betriebe und erläutern Sie ihnen die Gründe für ihre Wahl. Sprechen Sie auch mit ihren Kunden und überzeugen Sie diese. Befürworten Sie Kooperation statt Konkurrenzkampf und unterstützen Sie alle Beteiligten, effizienter und rentabler zu werden, um die Wirtschaft in der Region zu stärken.

Kapitel 1

Entwicklung elektronischer Geräte

1.1 Von der Idee zum fertigen Produkt

Prinzipiell spielt es keine Rolle, ob es sich um eine elektronische Schaltung, einen mechanischen Apparat, einen chemischen Prozess oder sonst etwas handelt. Gewisse Dinge müssen da sein und berücksichtigt werden, um aus einer Idee ein Produkt zu erhalten.

Im Verlauf der Entwicklung durchläuft die ursprüngliche Idee verschiedene Transformationen, bis am Ende ein fertiges Produkt vorhanden ist.

Die Erstellung eines Schemas kann als Kondensation der ideellen Funktion angesehen werden. Diese Kondensation erfolgt durch Formulierung und Fixierung zu einer konkreten Funktion. Die Konstruktion der Leiterplatte bzw. der Baugruppe stellt dann als weiterer Schritt die Manifestation der Funktion im materiellen Universum dar.

Wie erreichen wir dies ?

1.1.1 Die Idee

Erst benötigen wir eine Idee. Ausgehend von dieser Idee stellen wir Überlegungen zur Entwicklung und Realisierung an. Die Idee muss ausführlich betrachtet und konkretisiert werden.

Konkretisierung:

- Was ist ihr Sinn und Zweck ?
- Was sind die Funktionen ?
- Wie sollen sie erreicht werden ?
- Welche Kostenfaktoren ?
- Gibt es bereits ähnliches ?
- Was ist der Gewinn ?
- Umweltfaktoren ?

Die Ergebnisse dieser Überlegungen notieren wir uns dann.

1.1.2 Sinn und Zweck

Was soll erreicht werden, was soll das Gerät tun und was möchten wir damit erreichen.

Beispiel: Grill-Thermometer

Ich wüsste gerne welche Temperaturen mein Gartengrill erreicht. Das Gerät soll die Temperatur im Innern messen und anzeigen, sowie die Umgebungstemperatur und die Helligkeit der Anzeige aufgrund des Umgebungslichts steuern. Eine Alarmfunktion beim Unter- oder Überschreiten bestimmter Temperaturen wäre sinnvoll, sowie eine Timerfunktion und eine Zeitanzeige. Es wäre mir eine grosse Hilfe beim Grillieren.

1.1.3 Funktion

Wie soll das erreicht werden ... Analyse und Aufgliederung in Teilfunktionen und Funktionsgruppen.

Bleiben wir bei unserem Beispiel:

Wir brauchen zwei Temperaturmesskreise, einen für die Umgebungstemperatur, einen für die Grilltemperatur. Die Grilltemperatur kann relativ hoch werden. -50 ... 450° sollten möglich sein.

Als Anzeige wäre eine kontrastreiche LCD-Anzeige ideal, deren Hintergrundbeleuchtung bei Sonnenschein nicht benötigt wird, abends aber eingeschaltet werden kann - in Verbindung mit einem Helligkeitssensor.

Alarmfunktion, Zeitanzeige und Timer erfordern einen Mikrokontroller als zentralen Baustein.

Für die Bedienung werden ein paar Taster benötigt, für die Alarmfunktion ein kleiner Lautsprecher. Für die Speisung benötigen wir eine Batterie, eventuell in Verbindung mit einem Solarladegerät.

1.1.4 Ziele

Ist es für uns selbst, ist es unser Hobby oder benötigen wir es zum Leben ?

Möchten wir es vermarkten, in grösserem Umfang herstellen oder damit eine Firma aufbauen ?

Entwickeln wir es für jemand anders ?

Nun, in meinem Falle ist es mein Hobby.

Falls das Gerät gut funktioniert und toll aussieht, hätten meine Nachbarn, Freunde und Verwandten vielleicht auch gerne eines. So könnte es zu einer Kleinserie werden.

1.1.5 Wege zum Ziel

Was müssen wir tun, um das zu erreichen ?
Analysieren und in einzelne Schritte aufgliedern.

Durch die Definition der Funktion erhält man relativ detaillierte Vorstellungen für eine Ausgangsbasis. Danach bleibt abzuklären, welche Bauteile geeignet sind und welche davon in Frage kommen.

Datenblätter der wichtigsten Bauteile werden benötigt, ein Schema für die elektronischen Schaltkreise, sowie Zeichnungen und Konstruktionspläne für das ganze Gerät und den Einsatzort, um Anforderungen an Material und die Dimensionierung zu bestimmen. Gibt es ein fertiges Gehäuse, das passt, oder muss eins angefertigt werden?

Danach verbleibt der Aufbau des Gerätes.

Für mein Beispielprojekt entscheide ich mich von Anfang an für einen definitiven Aufbau, um Entwicklungs- und Produktionskosten zu optimieren, allerdings bedingt dies eine sehr sorgfältige Planung und Ausführung beim Design der Schaltung und der Leiterplatte.

Beim Mikrokontroller entscheide ich mich für einen kostengünstigen Typ mit USB-Anschluss und integriertem USB-Bootloader, um mir die Kosten für ein Programmiergerät zu sparen. Weitere Auswahlfaktoren sind die Verfügbarkeit kostenloser Entwicklungstools und die vollständige Dokumentation der Funktionen des Bausteins und der Software. Die Entwicklung der Software werde ich selbst durchführen.

Orientierung an bereits existierendem

Eine gute Frage lautet:

Gibt es ähnliches ?

Kann ich das als Grundlage für das eigene Projekt verwenden ?