

# Schaltungsvereinfachung (Minimierung (Minimization))

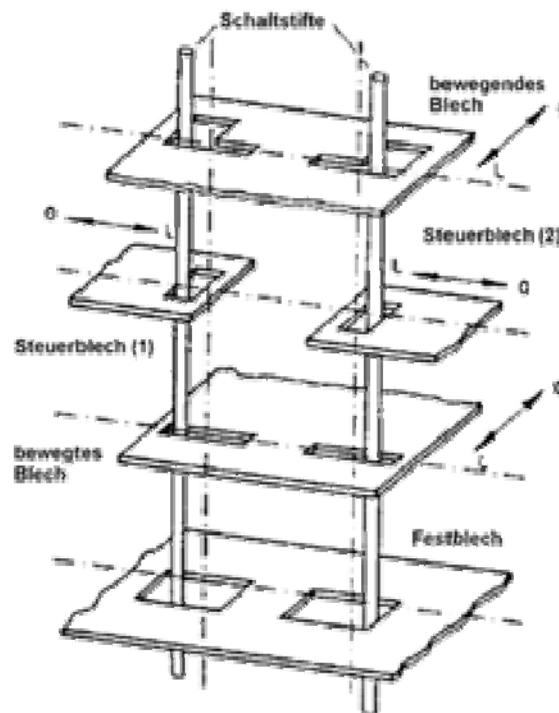
Das grundsätzliche Ziel: den zur Lösung einer Entwurfsaufgabe erforderlichen Schaltungsaufwand soweit wie möglich zu verringern.

In der Praxis kann es vernünftigerweise nur darum gehen, die Kosten zu senken -- und zwar über alles (TCO = Total Cost of Ownership). Gatter einzusparen ist hierbei nur Mittel zum Zweck. Manchmal kommt es mehr darauf an, manchmal weniger...

Wie man vorgehen muß, um die Kosten zu senken, hängt offensichtlich vor allem von der der jeweiligen Schaltungstechnologie ab.

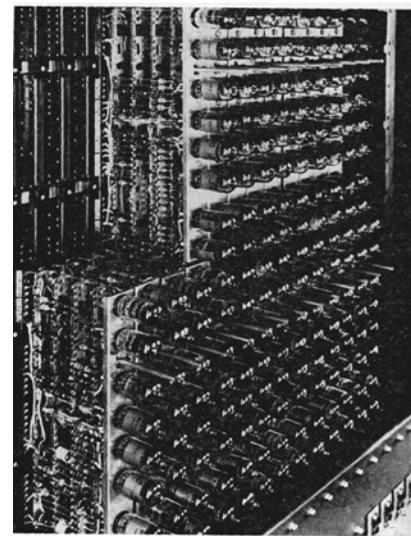
## 1. Mechanik (Zuse Z1)

Natürlich muß man jedes Funktionselement dreimal umdrehen. Die Maschine muß man aber überhaupt erst einmal bauen können. Einsparungen sind dann nicht möglich, wenn hierdurch die mechanische Erreichbarkeit nicht mehr gegeben ist.



## 2. Relais und Röhren

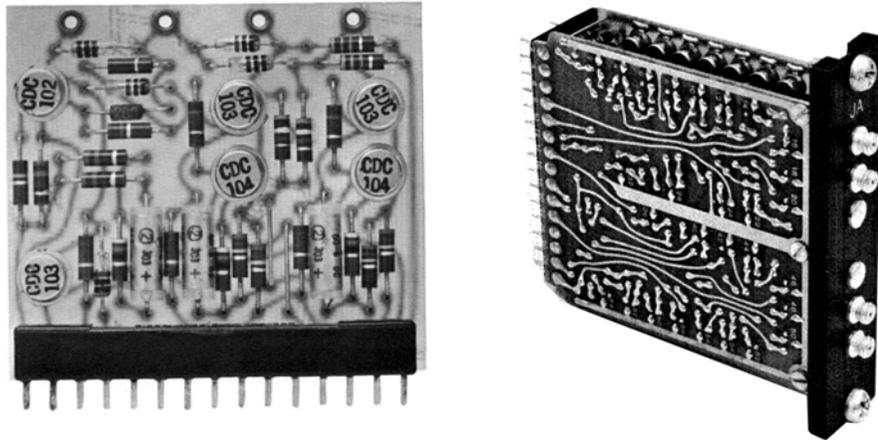
Alles trägt auf, braucht Platz, verbraucht Strom und kostet Geld. Je teurer die Funktionseinheit, um so sparsamer damit umgehen. Röhren sind besonders teuer; Draht, Ferritkerne und Halbleiterdioden kosten fast nichts. Es versteht sich von selbst, an welchen Stellen vor allem zu sparen ist. Negatoren und Flipflops (= Röhren) kosten richtig Geld; auf die Gattereingänge (Dioden) kommt es weniger an...



(Bildquellen: Zuse, IBM.)

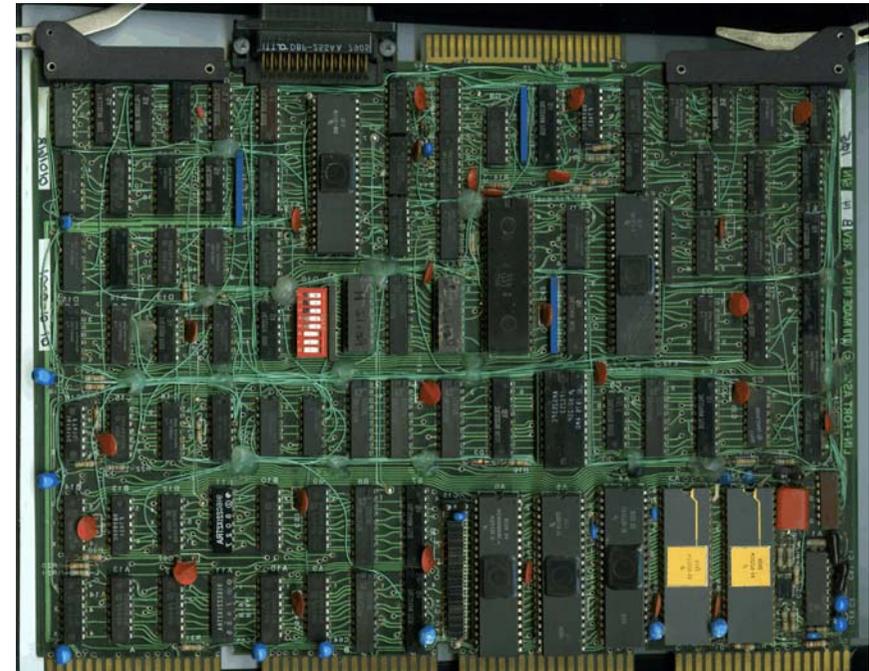
### 3. Transistoren

Es sind einige tausend bis mehrere hunderttausend. So sparsam wie möglich einsetzen. Gelegentlich ist man dann etwas großzügiger, wenn es um extreme Leistung oder besonders hohe Zuverlässigkeit geht.



### 4. Integrierte Schaltkreise

Es ist die Frage, was sie kosten. Sind sie preisgünstig und steht ein ausreichendes Sortiment zur Verfügung, heißt es zumeist nicht: so wenige Gatter wie möglich, sondern so wenige Schaltkreisgehäuse wie möglich, gleichgültig, was sie enthalten (Minimum Package Count), denn so spart man Schaltkreise, Strom und Leiterplattenfläche.



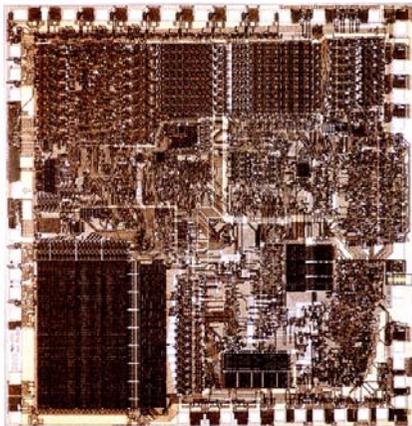
(Bildquellen: CDC, Futuredata.)

## 5. Die heutige Schaltungsintegration

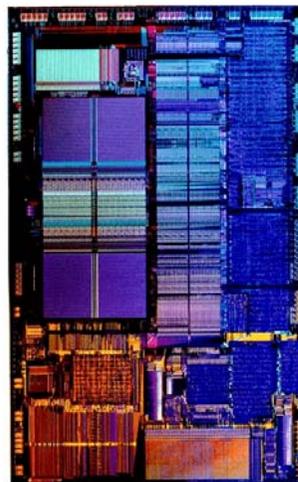
Die ersten Mikroprozessorschaltkreise enthielten wenige tausend Transistoren. Damit mußte man auskommen. Also sparen und tricksen... Jetzt stellt die Technologie so viele Transistoren bereit, daß man anscheinend kaum noch weiß, was man damit Vernünftiges anstellen soll... Verschenden kann man jedoch auch nichts -- nur sind es andere Prioritäten (Taktfrequenz, Stromaufnahme, Anschlüsse usw.). Auch Gatter müssen gespart werden. Beim programmierbaren Schaltkreis kommen zwei grundsätzliche Probleme hinzu: 1. Es gibt keine Gatter im eigentlichen Sinne, sondern universelle Logikzellen. Die Schaltfunktionen der Entwurfsabsicht müssen damit implementiert werden (funktionelle Dekomposition). 2. Man kann nicht einfach Draht ziehen. Auch die Verbindungswege sind vorgegeben. All das erledigt das Entwicklungssystem. Von Hand wird das nichts mehr. Schaltungsminimierung von Hand lohnt sich (meistens) überhaupt nicht, denn das System rechnet alles bis auf die Booleschen Gleichungen herunter und optimiert selbst. Die heutigen Programme haben wirklich was drauf. Also: die Maschine rechnen lassen. Trotzdem ist es wichtig, Bescheid zu wissen und ein paar Tricks auf Lager zu haben, um sich notfalls behelfen zu können.

### Immer mehr Transistoren:

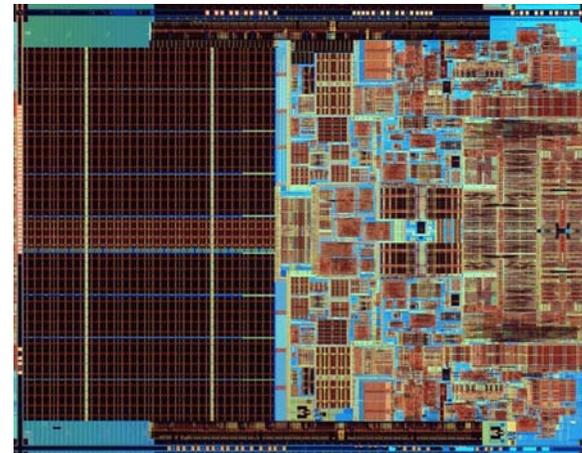
Der 8088



Der i486



Der Intel® Core™ 2 Extreme Processor QX9775. Er enthält zwei Prozessorkerne . Jeder hat einen L2-Cache mit einer Speicherkapazität von 6 MBytes.



(Bildquellen: Intel.)