

Der General Electric 645 Computer

Max Krüger

2015 – 11 – 23



Warum lohnt es sich, sich mit der GE-645 zu befassen?

- Bis heute einflussreiches Design
- Sehr ambitioniertes Projekt
- Starke gegenseitige Beeinflussung zwischen Betriebssystem und Rechner



GE-635

- Aus Militärprojekt MISTRAM entstand M236 Rechner
- Prozessor ähnlich zu IBM 7094
- GE-600 Serie als Weiterentwicklung
 - GE-635 als Vollausbau
 - GE-625 und GE-615 als beschnittene Varianten
- Hochmodularer Mainframe
- Grundlage für GE-645



Komponenten

- Prozessoren
- Speichermodule
- Ein-/Ausgabe
- Peripherie

Prinzipien

- Speicherzentriert
- Multiprozessor
- Multicomputer
- Statisch Konfiguriert

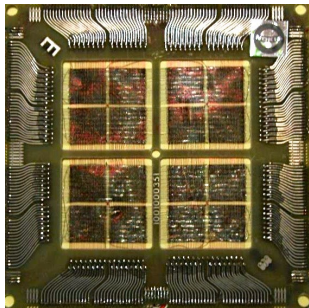


Quelle: BeijingMan [1]

- Akkumulatorarchitektur
- 36 Bit als Standardwortbreite
- 18 Bit Adressen
- 72 Bit Fließkommazahlen
- Speicherschutz durch Eingrenzung
- 2 Privilegierungsebenen



- Speichermodule als zentrales Element
- 2 Kernspeicher Einheiten pro Speichermodul
- Bis zu 4 Prozessoren können auf ein Speichermodul zugreifen

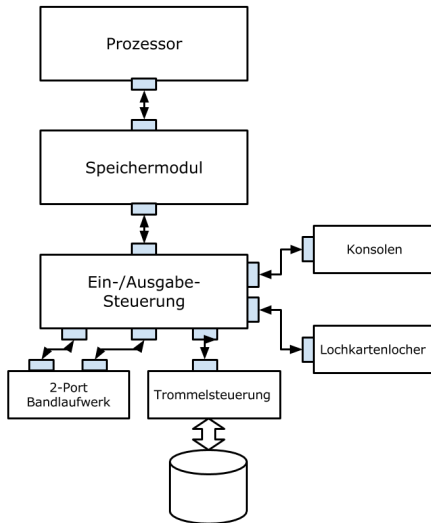


Quelle: BeijingMan [1]

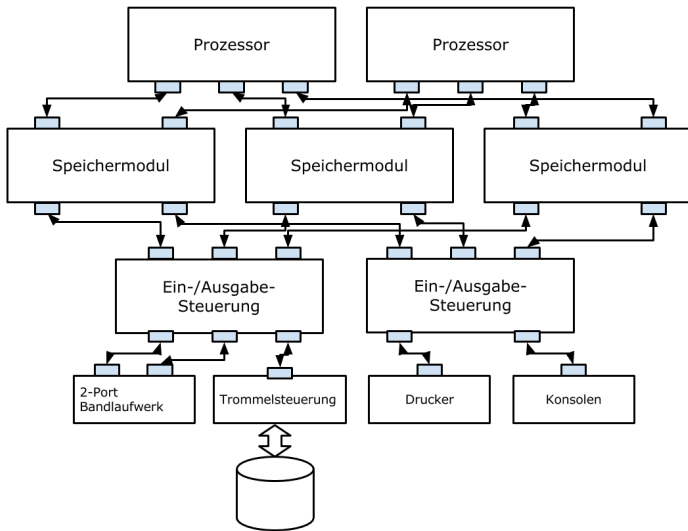
- Generisches Interface
- Geräte spezifische Adapter
- Anbindung von Lochstreifenleser, Magnetbandlaufwerken, Festplatten, Fernschreiber, Lochkarten



GE-635 Minimale Konfiguration



GE-635 mittlere Konfiguration



- Modularer Aufbau mit loser Koppelung der Komponenten
 - Erwarteter Leistungsverlust durch Speicherschutz
 - Rekonfigurierbarkeit
- Multiprozessorfähigkeit
 - Parallelität für Mehrbenutzerbetrieb
 - Skalierbarkeit
 - Multicomputerfähigkeit nicht genutzt





Quelle: multicians.org [2]



GE-645

- Neu konstruierte Speicherverwaltung
 - Segmentierung
 - Seitenverwalteter Speicher
 - Assoziativ Speicher
 - Auslagerungsspeicher
- Dynamisch rekonfigurierbar
- Neue Unterbrechungsbehandlung



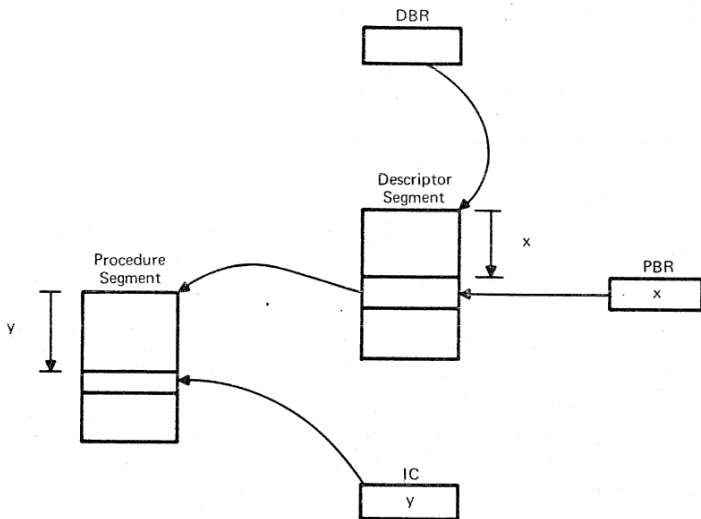
- 64 oder 1024 Worte pro Seite
- Extended Memory als Auslagerungsspeicher
- Zugriffsrechte auf Seitenbasis
- used-bit für Seitenersetzungsstrategie



- Ein Segment-Deskriptor-Register
 - Zeigt auf Deskriptor-Tabelle
 - Änderung ist ein privilegierter Befehl
- Acht Adress-Basis-Register
 - Segmente für Datenzugriffe
 - Zweitverwendung als Versatz in Segmente
- Ein Prozedur-Basis-Register
 - Implizit benutzt für Code-Zugriffe
 - Nicht explizit nutzbar
- Zugriffsrechte auf Segmentbasis



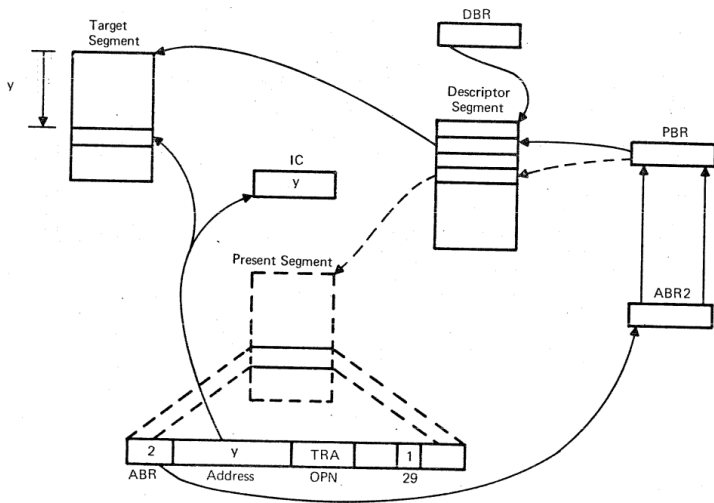
GE-645 - Segmentierung DBR/PBR



Quelle: GE-645 Handbuch [3]



GE-645 - Sprung mit DBR/ABR



Quelle: GE-645 Handbuch [3]



ITS/ITB Grundkonzept

- Zwei Speicherworte als Deskriptor interpretieren
- Zugriffe folgen beliebig vielen solcher Wortpaare
- Einzelner Zugriff kann beliebig viele Segment-/Seitenfehler verursachen

ITS - Indirekt relativ zu Segment

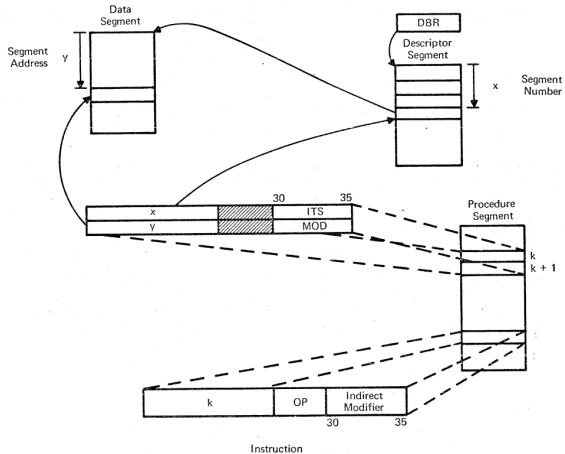
- Zeiger kodiert Segmentnummer
- Auflösung über DBR

ITS - Indirekt relativ zu Basis

- Zeiger kodiert ABR-Nummer
- Segment wird durch ABR festgelegt



GE-645 ITS Zugriff



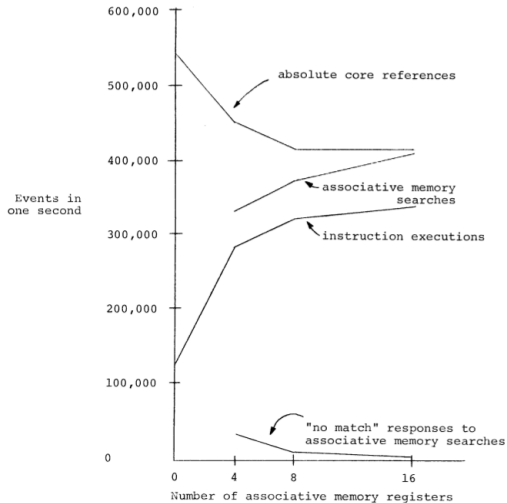
Quelle: GE-645 Handbuch [3]



- Vollassoziativer Cache
- 16 Einträge
- Speichert Seitenumsetzung
- Entspricht heutigem TLB



Assoziativ Speicher



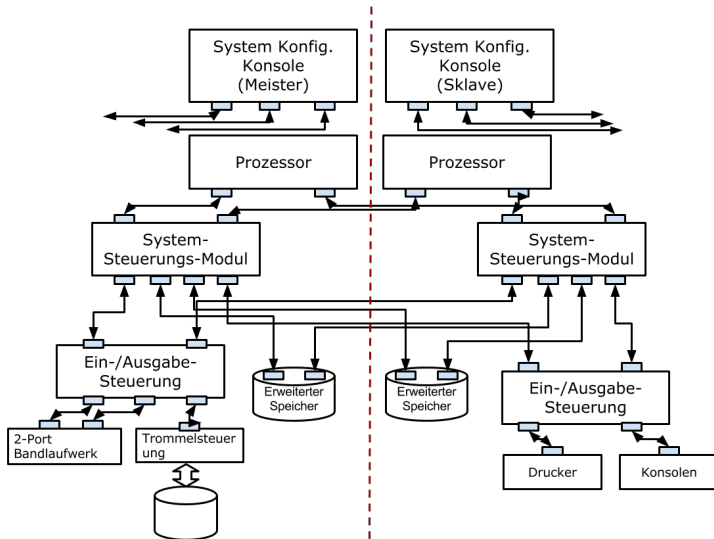
Quelle: Performance of the GE-645 Associative Memory [4]



- System lässt sich im Betrieb erweitern oder verkleinern
- Sind 2 Konfigurations-Konsolen vorhanden, lässt sich das System auch teilen
- Konfiguration ist auf Lochkarten gespeichert
- Rekonfiguration muss von Hand ausgelöst werden



GE-645 Rekonfiguration



Unglückliche Tatsachen des Lebens (Unterbrechungen)

- Synchron Unterbrechungen
- 3 Klassen von Unterbrechungen (interrupt, low priority fault, fault)
- Wachhund-Stopuhr für deaktivieren von niederprioren Unterbrechungen



Bis heute bewährt

- Segmentierung sehr ähnlich zu x86
- Seitenverwaltung ist alltäglich
- Caches wurden durch wachsende Schere zwischen Speicher und Prozessor noch viel wichtiger

Überholt und ersetzt

- Rekonfiguration heute weitgehend durch Virtualisierung ersetzt
- Gesonderte Speicher für Auslagerung sind verschwunden
- Speicherzentrierte Rechner sind Randerscheinung





Fragen?



BeijingMan. "BeijingMan Backgrounder". In: ().
<http://beijingman.blogspot.de/2012/07/beijingman-backgrounder.html> [Online; abgerufen 12. November 2015].

Multicians. "Multicians/645 Artist". In: (2015).
<http://www.multicians.org/645artist.html>
[Online; abgerufen 13. November 2015].

General Electrics. "GE-645 System Manual". In: (1968).

Michael D. Schroeder. "Performance of the GE-645 Associative Memory while Multics is in Operation". In: Proceedings of the SIGOPS workshop on System performance evaluation (1971), pp. 227 -245.

T. Kilburn et al. "One Level Storage System". In: (1961).



General Electrics. "GE-635 System Manual". In: (1964).

Centre for Computing History. "GE-635 System Manual Description". In: (2015). <http://www.computinghistory.org.uk/det/15671/GE-635-System-Manual/> [Online; abgerufen 11. November 2015].

[//www.computinghistory.org.uk/det/15671/GE-635-System-Manual/](http://www.computinghistory.org.uk/det/15671/GE-635-System-Manual/) [Online; abgerufen 11. November 2015].

Jean Bellec. "from GECOS to GCOS8". In: (2003).

http://www.feb-patrimoine.com/english/gecos_to_gcos8_part_1.htm [Online; abgerufen 11. November 2015].

Mich. Burroughs Corp. Detroit. "The Descriptor - A definition of the B5000 Information Processing System". In: (1961).



A. Bensoussan, C.T. Clingen, R.C. Daley. "The Multics Virtual Memory: Concepts and Design". In: *Communications of the ACM* 15.5 (1972), [308–318].

Wikipedia. "Mistram". In: (2015).

<http://en.wikipedia.org/wiki/mistram> [Online; abgerufen 12. November 2015]. URL:

<http://en.wikipedia.org/wiki/mistram>.

Multicians. "Multicians/Glossary". In: (2015).

<http://www.multicians.org/mgl.html> [Online; abgerufen 12. November 2015].

Multicians. "Multicians/Features". In: (2015).

<http://www.multicians.org/features.html> [Online; abgerufen 12. November 2015].



Multicians. "Multicians/Protection". In: (2015).
<http://www.multicians.org/protection.html>
[Online; abgerufen 12. November 2015].

E. L. Glaser, J. F. Couleur, and G. A. Oliver. "System Design of a Computer for Time Sharing Applications". In: *Fall Joint Computer Conference* (1965).

600-Series Brochure. *General Electric*.

DPS/LEVEL 68 and DPS 8M MULTICS PROCESSOR MANUAL.
Honeywell.

John Gintell. "Multics ACM Lecture Nov 16". In: (1989).
<https://www.youtube.com/watch?v=L8Bay04lCxs>
[Online; abgerufen 12. November 2015].



Elliott I. Organick. The Multics System: An Examination of Its Structure. The Massachusetts Institute of Technology, 1972.

Walter Oberschelp, Gottfried Vossen. Computer architecture. Oldenbourg Verlag, 2006.

Erik Buchanan, Ryan Roemer, and Stefan Savage. "Return-Oriented Programming: Exploits Without Code Injection". In: Blackhat (2008). <http://cseweb.ucsd.edu/~hovav/talks/blackhat08.html> [Online; abgerufen 13. November 2015].

