

10. CMOS-Digitalschaltkreise der Reihe U/V4000D

Alle bisher in diesem Buch behandelten Schaltkreise werden nach bipolaren Technologien gefertigt. Eine Zwischenstellung nehmen nur die BIFET-OV ein. Mit den im folgenden behandelten unipolaren Schaltkreisen haben sie die Eigenschaft gemeinsam, daß sie sich (nahezu) ohne Eingangsleistungsbedarf steuern lassen. Das ist beim BIFET-OV allerdings an die Bedingung bestimmter Potentialverhältnisse am Eingang geknüpft. Wenn dagegen bei einem CMOS-Digitalschaltkreis ein Eingang (unerwünscht) zu leiten beginnt, so ist das keine typische Eigenschaft des Steuerkreises. Es wird vielmehr bei Überschreiten der zugelassenen Eingangsspannungsbereichs bzw. bei fehlender Betriebsspannung durch zusätzliche Funktionselemente in Form von Dioden bewirkt. Sie sollen den Eingang vor unzulässigen elektrostatischen Spannungen schützen.

10.1. Eigenschaften

CMOS heißt complementary metal oxide silicon. Es handelt sich also um komplementäre Zusammenstellungen von Funktionselementen mit durch Siliziumoxid isolierten Steuerelektroden. Der im Bild 10.1a dargestellte CMOS-Inverter vereint einen p- und einen n-Kanal-MOS-Transistor, beide vom Anreicherungsstyp. Der n-Kanal leitet bei H, der p-Kanal bei L am Eingang. Beim langsamen Durchfahren des Bereichs zwischen H und L ergibt sich eine relativ steile Übergangskennlinie der Ausgangsspannung (Bild 10.1b). Sie läßt jedoch auf Grund ihrer endlichen Steilheit noch in Sonderfällen A-Betrieb zu. Ein solcher Inverter neigt dabei kaum zu Schwingungen im Übergangsbereich wie etwa ein TTL-Inverter. Für Digitalschaltungen ist dieser Bereich jedenfalls möglichst schnell zu durchfahren. Geeignete Verknüpfungen von CMOS-Funktionseinheiten ergeben u. a. NAND- und NOR-Gatter. Bild 10.2 zeigt als Beispiel ein 2-Eingangs-NAND. Dies ist die ursprüngliche Form von CMOS-Grundschaltungen. Man nennt sie „ungepuffert“, international werden sie häufig als „A“-Reihe bezeichnet.

Mit dem Verkleinern der Elemente auf dem Chip konnten einerseits die Schaltgeschwindigkeiten erhöht werden, andererseits aber war es möglich, die Ausgänge der meisten CMOS-Typen durch nachgeschaltete Inverter zu „puffern“. Das führte zu erheblich höheren internen Verstärkungen und damit zu steilen Übergangskennlinien. Der Umschaltzeitpunkt liegt bei diesen „B“-Typen etwa bei $U_{Dp}/2$. Weiterhin konnten die Werte der H- und L-Ausgangsströme aneinander angepaßt werden. Die Pufferfunktion ist oft so in die interne Gesamtschaltung einbezogen, daß die Grundfunktion einer Schaltung nicht mehr auf den ersten Blick zu erkennen ist wie bei den A-Typen. Bild 10.3 gibt dafür ein Beispiel. Die B-Serien-Technologie brachte insgesamt noch weitere positive Details, vor allem eine nun recht umfangreiche Schutzbeschaltung der Ein- und Ausgänge mit Dioden- und Widerstandselementen (Bild 10.4).

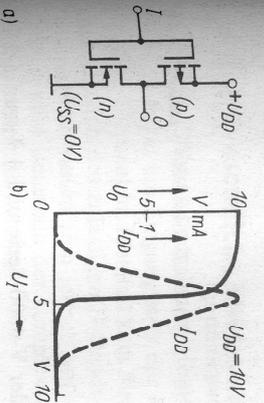


Bild 10.1. CMOS-Inverter, ungepuffert
a) Innenschaltung; b) Übergangskennlinie und Stromaufnahme

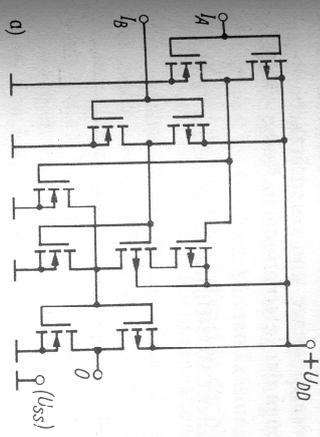


Bild 10.3. CMOS-NAND mit in die Gesamtschaltung einbezogenem gepuffertem Ausgang
a) Innenschaltung; b) entsprechende logische Verknüpfung

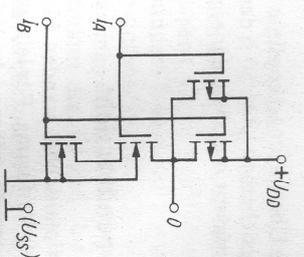


Bild 10.2. CMOS-NAND mit 2 Eingängen, ungepuffert

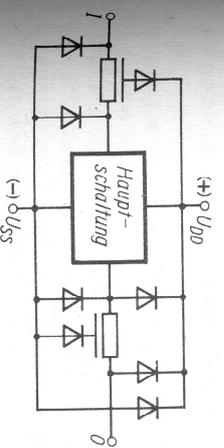


Bild 10.4. Schutzbeschaltung moderner CMOS-Digitalschaltkreise

- Zu den Eigenschaften dieser in der DDR als Reihe U bzw. V4000D gefertigten CMOS-Schaltkreise zählen:
- großer Betriebsspannungsbereich (3 V bis 15 V)
 - bei 5 V Betriebsspannung mit LS-TTL kompatibel (1 Ausgangslast; Pegelanpassung am Eingang von LS her mit Pull-up-Widerstand)
 - extrem hoher Eingangswiderstand im Betriebsspannungsbereich
 - kleine Eingangskapazität (typisch unter 7,5 pF)
 - von den Eingangsbelegungen nahezu unabhängige Ausgangsimpedanz
 - mit der Betriebsspannung steigende Schaltgeschwindigkeit
 - bei niedrigen Schaltfrequenzen extrem kleiner Eigenleistungsbedarf (Mikrowattbereich), sofern exakte Eingangspegel eingehalten werden