

CMOS áramkörök kimeneteinek megvalósításai

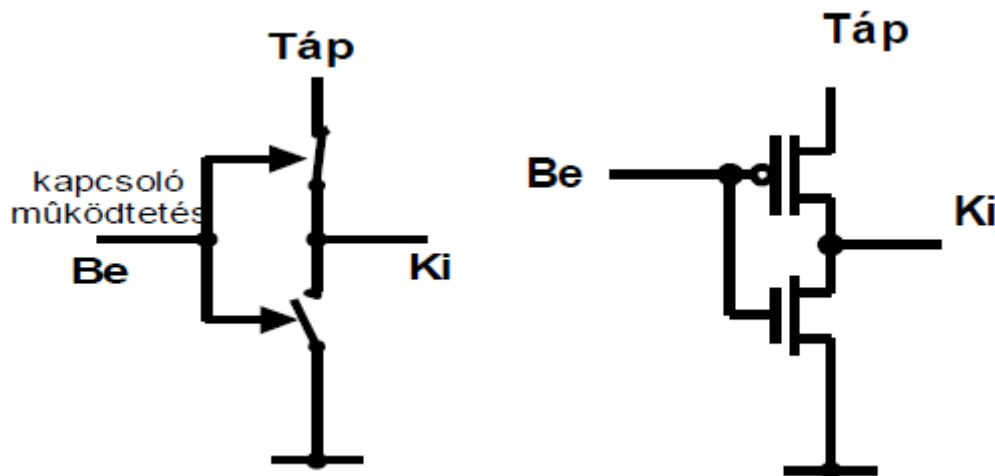
A előző modulban bemutatott kapcsolási megoldások megvalósítják a logikai függvényeket és egyéb elemeket. A CMOS kialakítás nagy előnye az egyszerű szerkezetű kialakítás miatt, a kis helyigény, és a feszültségvezérlés miatt a rendkívül kicsi energia felvétel. A nagyon kis-méretű tranzisztorok azonban igen kicsiny áramok szállítására képesek. Az IC belsejében elégséges a néhány μA is. Más a helyzet a kimeneteknél. Itt azonos típuscsaládba tartozó, vagy más típuscsaládba tartozó, illetve bizonyos esetekben külső terhelések igényeit is kielégítő mA – 10 mA nagyságrendű áramot is kell szolgáltatnia a kimenetnek. Ezenkívül speciális megoldások szükséglete is felléphet. Mindezen követelmények teljesítésére dolgozták ki a kimeneti meghajtó áramköröket.

Alapvetően négy kimenettípust különböztetünk meg, totem-pole, nyitott kollektoros, nyitott emitteres, illetve tri-state.

Ellenütemű (TOTEM-POLE) kimenet

Ez az általánosan használatos kimenet. A közösleges kapuk, és a tároló elemek kimenete ezzel a kapcsolással van megoldva.

Alul egy n típusú, felül egy p típusú térvezérlésű tranzisztor van beépítve oly módon, hogy egyidejűleg csak az egyik vezet, a másik le van zárva. Az alábbi ábrán egy totem-pole kimenetű inverter látható. Ha a bemenet magas szintű (1), akkor az alsó tranzisztor nyit (a felső zár), a kimenet alacsony szintű (0) lesz. Ha a bemenet alacsony szintű (0), akkor a felső tranzisztor nyit (az alsó zár), a kimenet magas szintű lesz (1).



A totem-pole a leggyakrabban használt kimenet mindkét irányban (alacsony, illetve magas szint) azonos terhelhetőségű, csekély maradékfeszültségű meghajtást biztosít. Felépítése egy nagyméretű tranzisztorokból kialakított inverter. A meghajtása a logikai kapuktól több egymás utáni, fokozatosan növekvő fizikai méretű inverteren keresztül történik. A legkorszerűbb soroknál a kimeneti tulajdonságok javítása végett, a meghajtó már a térvezérlésű tranzisztorokon kívül tartalmaz bipoláris tranzisztorokat is.

Totem-pole kimenetet más Totem-pole kimenettel összekötni tilos! Ugyanis bármikor egyszerre nyitva lehetnek az ellentétes ágba lévő kimeneti tranzisztorok, rendkívül nagy áram folyik, minek következtében a kimenetek tönkre mennek.

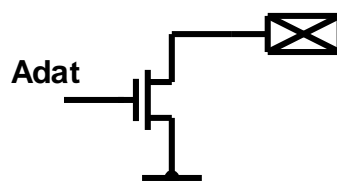
Ez alól egy eset kivétel, ha az egy tokban lévő, és azonosan vezérelt kapuk kimenetét kötjük össze, akkor az áram meghajtó képességek összeadódnak, lényegileg szigorúan egyforma tranzisztorok párhuzamos kapcsolásával teljesítménynövelést hajtunk végre.

Csak egyik irányban kapcsolót tartalmazó kimenetek

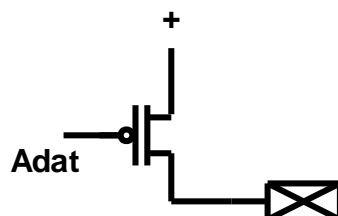
Bizonyos alkalmazásokban szükségünk van arra, hogy a kimenetünket más kimenettel összeköthessük, és a közös vonalat megfelelő szabályok szerint vezéreljük. A legrégebbi ilyen kapcsolatban, a földágra van csak tranzisztor, és a magas szintet a kijárat és a táp közé kapcsolt ellenállással biztosítjuk. Hagyományosan ezt a kapcsolást nyitott kollektorosnak nevezzük, ugyanis még az egyedileg használt bipoláris tranzisztorok használatával kialakított, legrégebbi aktív áramkör. A kimenetre párhuzamosan, másik azonos típusú kimenettel szabadon kapcsolódhatunk. Ha bármelyik kimenet tranzisztora aktív (be van kapcsolva, vagyis vezet), akkor a kimenet alacsony szintű, és mellette egy akármilyen állapotú másik kimeneti tranzisztor működhet. Amennyiben az összes, egy vezetékre kötött tranzisztor lezár, a kimeneti vonalat az ellenállás magas szintre húzza. A vezetékekkel való összekötés, és az elmondottak miatt ezt a megoldást huzalozott ÉS kapcsolatnak nevezik. Gyakoribb azonban a negatív logikai megnevezése, a huzalozott VAGY kapcsolat. Vagyis bármelyik bemenet aktív a kimenet aktív, vagyis alacsony. Ez a szemlélet az elterjedtebb, mivel a nyitott kollektoros alkalmazások (CMOS-ban open drain) nagy része sínrendszerek kialakítására szolgál.

A másik lehetséges megoldás a huzalozott kapcsolat kialakítására, hogy a kimeneten csak a felső ágra van tranzisztor és az alacsony szintet, a föld felé bekötött ellenállás szolgáltatja. ez a nyitott emitteres, itt open source kimenetű áramkör. Alkalmazása újabban a kifejezetten nagy sebességű áramköri síneknél újra terjed. Mindkét kimenet vezérlése megengedő VAGY jellegű!

Nyitott DRAIN kimenetű áramkör felépítése, és rajzjele:



Nyitott SOURCE kimenetű áramkör felépítése:

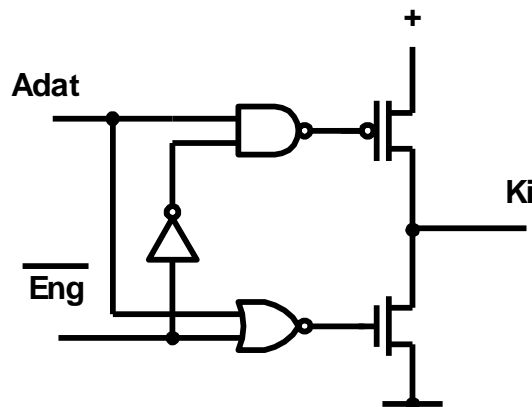


Három-állapotú (TRI-STATE) kimenetek

Az előző két megoldás kombinációja a háromállapotú kimenet. A kimenet engedélyezett állapotában mindkét szintet meghajtó tranzisztorokat működtet. A kimenet tiltása esetén lezárja mindkét kimeneti tranzisztorát és így egy elvileg szakadt, gyakorlatilag, $0,5 - 10 \text{ M}\Omega$ nagyimpedanciás állapotot képvisel. Ha a kimenet kikapcsolt, ekkor, de csak is ekkor egy másik kimenet aktív állapotba vezérelhető. Vagyis a kimenet vezérlése **csakis kizáró-vagy jellegű lehet!**

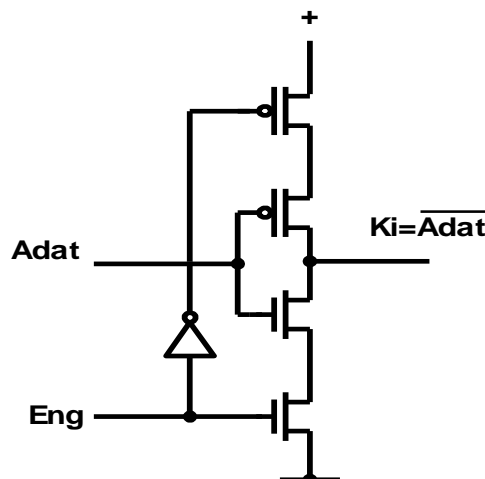
A háromállapotú (tri-state) kimenetre két megoldást mutatunk be. Az első megoldás az IC kimenetén használatos nagy áram meghajtására képes kapcsolás. Itt lényegileg a Totem-pole-nál megismert kimenet van, „csak” a vezérlése más. A másik megoldás az IC belsejében használható egyszerűbb megoldás, de csak kis áramot képes szolgáltatni.

IC kimenetén használt háromállapotú meghajtó kapcsolási felépítése:



A fenti kapcsolás működése: ha az Eng negált jel alacsony szintű (tehát aktív), akkor a kapcsolás inverterként működik, ha az Eng negált jel magas szintű (nem aktív), akkor mindkét tranzisztor zárva van, a kimenet nagyimpedanciás állapotba kerül.

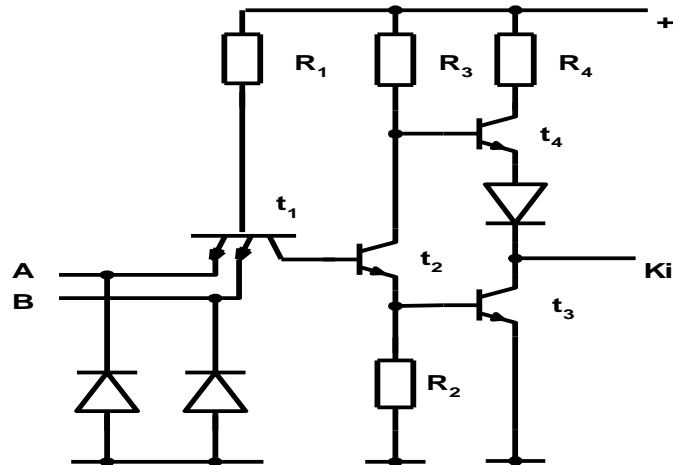
IC belsejében használatos (kisáramú) háromállapotú kimenet felépítése



Bipoláris kapcsolások kimeneteinek megvalósításai

Ellenütemű (TOTEM-POLE) kimenet

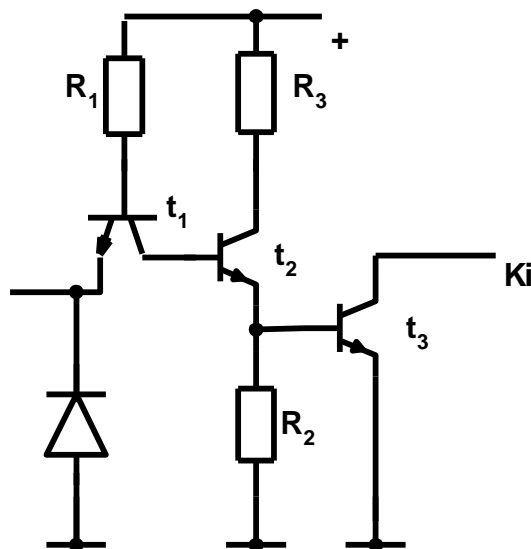
A legáltalánosabban használt Totem-pole kimenet kialakítása az előző modulban ismertetésre került. Emlékeztetőül egy bipoláris totem-pole kimenetű ÉS-NEM kapu megvalósítása:



Nyitott kollektoros kimenet

A nyitott kollektoros kimenet nem tartalmazza a felső ágba lévő áramkört, csak a föld felé kapcsoló kimenő tranzisztort.

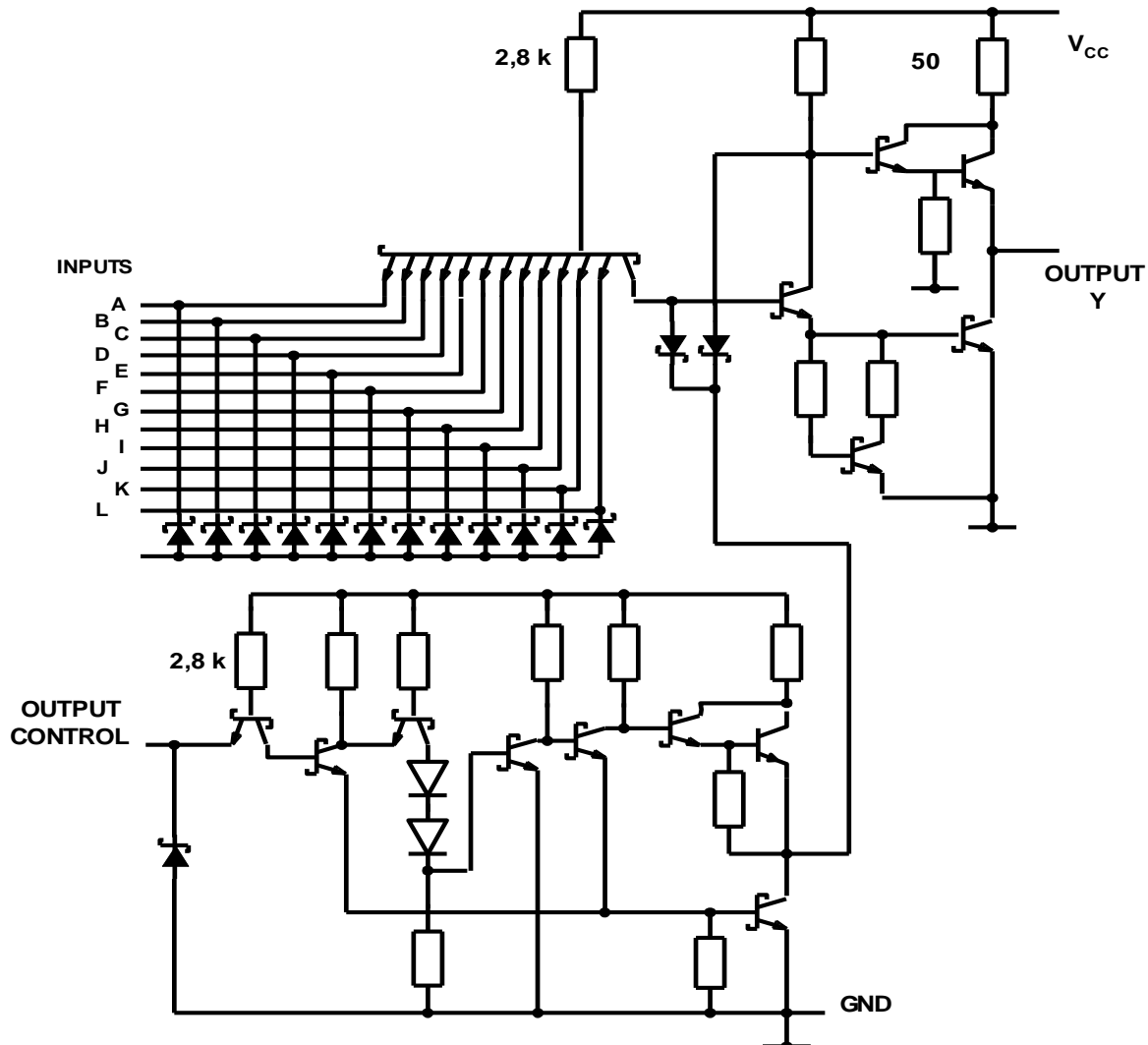
Egy nyitott kollektoros kimenetű inverter teljes kapcsolási rajza:



Háromállapotú (Tri-state) kimenet:

A háromállapotú kimenet itt is az ellenütemű kimenet vezérlésének a módosításával áll elő. A kimenetet az engedélyező bemenetről (output control) vezéreljük. A bemeneten a vezérlési szükségletnek megfelelően egy teljes erősítő, vagy inverter fokozat van kialakítva, és innen az alacsony szintű kimenetet biztosító tranzisztor, az ÉS kapu plusz bemenetén keresztül van letiltva, vagy engedélyezve, míg a magas szintet biztosító tranzisztor bázisát egy diódán keresztül húzzuk alacsonyba és így biztosítjuk a kimenet tiltását.

Háromállapotú kimenettel felépített bipoláris áramkör teljes kapcsolási rajza:



Kimenetek összekapcsolhatósága összefoglalva

A totem poole kimenetet semmilyen kimenettel nem szabad összekötni. Egyetlen kivétel van, ha a tokon belüli totem poole kimenetek vannak összekötve, és mindegyik kapu azonos vezérlést kap. Ez a buffer (erősítő elem) kialakítása. Nyitott kollektoros kimenet esetén, a kimeneti magas szint biztosításához szükség van egy felhúzó ellenállásra. Elméletileg akárhány nyitott kollektoros kimenet összekapcsolható, mindössze egy felhúzó ellenállásra van szükség a magas szint biztosításához. A gyakorlatban korlátozott az összeköthető kimenetek száma, mivel a lezárt tranzisztoron is folyik valamennyi áram. Az összekapcsolt nyitott kollektoros kimenetek ÉS kapcsolatot valósí-

tanak meg. Tri-state típusú kimenetek akkor köthetők össze, ha biztosítjuk, hogy egyszerre mindig csak egy kimenet legyen aktív (ez a kizáró vagy típusú vezérlés). Ha vegyesen nyitott kollektoros és tri-state kimeneteket kötünk össze, akkor biztosítanunk kell a kizáró vagy vezérlést és kell a felhúzó ellenállás is.

Kimenetek összeköthetőségének összefoglaló táblázata:

	Totem-poole	Nyitott kollektor Nyitott drain	Nyitott emitter Nyitott source	Tri-state
Totem-poole	Tilos	Tilos	Tilos	Tilos
Nyitott kollektor Nyitott drain	Tilos	Megengedő VAGY, vezérlés, felhúzó ellenállás	TILOS	KIZÁRÓ - VAGY vezérlés, felhúzó ellenállás
Nyitott emitter Nyitott source	Tilos	TILOS	Megengedő VAGY, vezérlés, lehúzó ellenállás	KIZÁRÓ - VAGY vezérlés, lehúzó ellenállás
Tri-state	Tilos	KIZÁRÓ - VAGY vezérlés, felhúzó ellenállás	KIZÁRÓ - VAGY vezérlés, lehúzó ellenállás	KIZÁRÓ - VAGY vezérlés