



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Irányítástechnika és Informatika Tanszék

Dr. Pilászy György

Digitális technika 1

01. előadás

(Logikai érték)

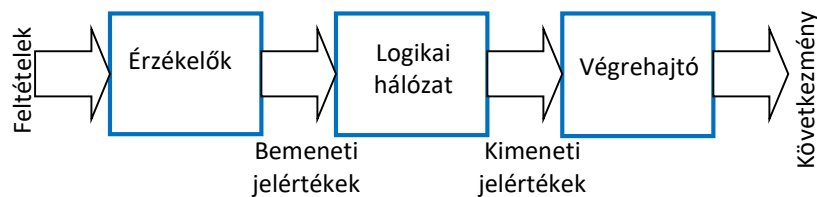
Lektorálta: Dr. Horváth Tamás

Minden jog fenntartva. Jelen könyvet, illetve annak részleteit a szerzők írásbeli engedélye nélkül tilos reprodukálni, adatrögzítő rendszerben tárolni, bármilyen formában vagy eszközzel elektronikus vagy más módon közölni.

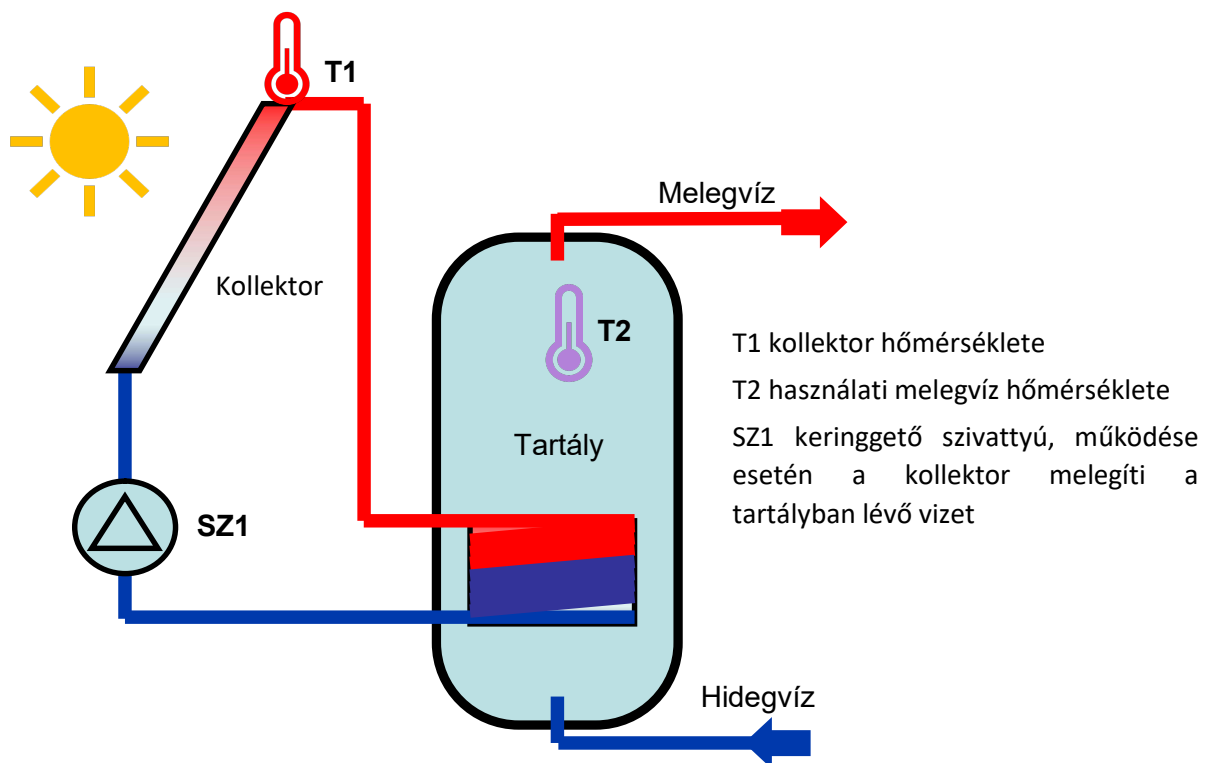
Logikai érték

A hétköznapi életben gyakran hozunk döntéseket. Egy állításról mondhatjuk azt, hogy igaz, de azt is mondhatjuk, hogy hamis. Az állítással kapcsolatosan tett „igaz” vagy „hamis” elnevezést az állítás logikai értékének nevezzük. Ezt a két diszkrét értéket a továbbiakban „1” illetve „0” értékkel fogjuk jelölni.

A logikai hálózatok világában az a feladatunk, hogy a környezetben tapasztalható mennyiségeket logikai értékekre képezzük le. A logikai értékek alapján feltételeket fogalmazunk meg, majd a feltételek alapján létrehozunk a kimeneti logikai értékét. A logikai feladat megoldását logikai döntésnek is nevezhetjük. A feltételekhez rendelt következményeket ezen döntés alapján hozzuk létre.



Az elmondottak szemléltetésére tekintünk egy szép irányítástechnikai feladatot. Legyen a példánk egy használati melegvíz készítő rendszer vezérlése. A rendszer vázlatát mutatja a következő ábra. Napsütéses időben a Kollektorban lévő fagyálló folyadék felmelegszik, majd egy úgynevezett hőcserélőn keresztül tudja melegíteni a tartályban lévő vizet, ha az SZ1 jelű szivattyú működik.



A felhasználó igénye az, hogy a tartályban legalább 40°C-os víz legyen. Ez alapján megfogalmazhatunk egy logikai feltételt a melegvíz készítésére vonatkozóan: $T2 < 40^\circ\text{C}$ (1)

Természetesen, ha nem süt eléggé a nap, akkor nem tudunk vizet melegíteni. A gépész tervezőnk azt javasolta, hogy legalább 60°C-os vízzel kell melegítenünk, ezért egy újabb logikai feltételt fogalmazhatunk meg a kollektorra vonatkozóan: $T1 > 60^\circ\text{C}$ (2)

Ezen két feltétel alapján hozhatunk egy döntést, mely alapján az SZ1 jelű szivattyút elindíthatjuk vagy leállíthatjuk. Ezeket a döntéseket táblázatos formában is megadhatjuk. A következő táblázat [1] a lehetséges feltételeket és a hozzájuk tartozó következményeket foglalja össze. A táblázatból kiolvashatjuk, hogy az SZ1 szivattyú csak akkor működik, ha mindkét feltétel egyidejűleg teljesül. Az egyes sorokhoz rövid szöveges megjegyzést is írtunk a könnyebb megértés érdekében.

Feltételek		Következmény	Megjegyzés
$T2 < 40^\circ\text{C}$	$T1 > 60^\circ\text{C}$	SZ1	
hamis	hamis	szivattyú leállítva	Van elég melegvíz és nem süt a nap
hamis	igaz	szivattyú leállítva	Van elég melegvíz és süt a nap
igaz	hamis	szivattyú leállítva	Nincs elég melegvíz, de nem süt a nap
igaz	igaz	szivattyú elindítva	Nincs elég melegvíz és süt a nap

Feltételek és következmények összerendelése [1. táblázat]

A példából érzékelhetjük, hogy milyen összetett feladat a logikai érték előállítása, de ha ez sikerült, akkor viszonylag egyszerűen fogalmazhatjuk meg a következményekre vonatkozó előírásainkat. A környezetünkben általában valamilyen fizikai jellemző alapján kell logikai értéket előállítanunk. Ez a jellemző lehet nyomás, hőmérséklet, ellenállás, feszültség, áram, fényintenzitás stb. A fenti példában a hőmérséklet értékének összehasonlításaként (komparátor) állíthatjuk elő a logikai értékeket. A továbbiakban kifejezetten a villamos feszültségen alapuló logikai értékekkel, úgynevezett feszültség logikákkal foglalkozunk.

Feszültséglogika jelszintjei

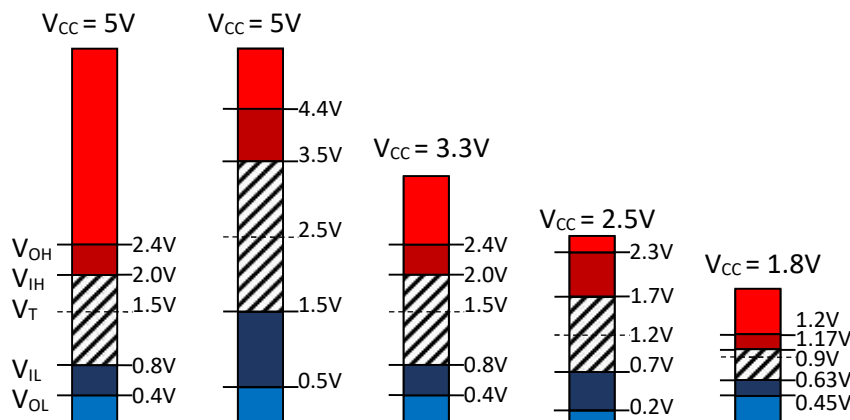
Feszültséglogika alkalmazásakor az igaz/hamis logikai értékekhez jól mérhető feszültség tartományokat rendelünk. Ezek a tartományok két, jól elkülöníthető sávra oszthatók. Az építőelem működéséhez szükséges tápfeszültséget általában VCC (ritkábban VDD) és GND (ritkábban VSS) elnevezésekkel jelölik, ahol a VCC a pozitív, míg GND (ground) a 0V feszültségű pont. A GND pont referenciának is tekinthető, a logikai építőelem összes bemenetének és kimenetének a feszültségszintjeit ehhez viszonyítva adják meg. A tápfeszültséghez közelebb eső tartományt gyakran nevezik „H”-szintnek vagy „Magas” logikai szintnek, míg a 0V-hoz közelebb eső sávot „L”-szintnek, vagy „Alacsony” szintnek. Az L és H sávok között meghatározhatunk egy úgynevezett „tiltott” sávot is, ahol a váltások során fellépő tranzienst időszakot kivéve, tartósan nem lehet a jel feszültségének értéke. A tiltott sávban található egy V_T -vel jelölt küszöbérték (threshold), mely a logikai építőelem belső úgynevezett billenési feszültségének névleges értékét jelöli. Ha egy 0V-ból induló folyamatosan növekvő feszültséget kapcsolunk a logikai építőelem bemenetére, akkor ezen érték „környékén” következik be a logikai értékek közötti váltás valahol a tiltott sávon belül. A későbbiekben ismertetésre kerülő logikai építőelemek bemenetére és kimenetére kis mértékben eltérő tartományokat definiálnak. A „Magas” logikai szinthez, az építő elem bemenetén érzékelhető feszültségre a V_{IH} (input, high), a kimenetén a V_{OH} (output, high) küszöbértéket adják meg. Az „Alacsony” logikai szinthez, az építő elem bemenetén érzékelhető feszültségre a V_{IL} (input, low), a kimenetén a V_{OL} (output, low) küszöbértéket

adják meg. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy az építőelem gyártója garantálja, hogy az előírt működési feltételek betartása esetén a „Magas” szinthez tartozó kimeneti feszültség $V_{OH} \dots V_{CC}$ közé esik, míg „Alacsony” szintű kimenet esetén $0V \dots V_{OL}$ közé. Ugyanígy az építő elem a bemenetére kapcsolt $0V \dots V_{IL}$ közé eső feszültséget „Alacsony” szintnek, míg a $V_{IH} \dots V_{CC}$ közé eső feszültséget „Magas” szintnek érzékeli.

Az alábbi táblázatban [2] a katalógusokban általában használt jelölések mellett megadjuk néhány elterjedt logika feszültség szintjeit. Megjegyezzük, hogy a tényleges gyártmányok küszöbértékei ettől kis mértékben eltérhetnek, ezért tervezéskor mindig ajánlott ellenőrizni a pontos értékeket. A táblázatban szereplő rövidítések jelentése: TTL- Tranzisztor-Tranzisztor logika, LVTTTL- Low Voltage TTL, CMOS- Complementary Metal Oxide Semiconductor.

Logika elnevezése	TTL (5V)	CMOS (5V)	LVTTTL (3.3V)	CMOS (2.5V)	CMOS (1.8V)
V_{CC}	5V	5V	3.3V	2.5V	1.8V
V_{OH}	2.4V	4.44V	2.4V	2.3V	1.2V
V_{IH}	2.0V	3.5V	2.0V	1.7V	1.17V
V_{IL}	0.8V	1.5V	0.8V	0.7V	0.63V
V_{OL}	0.4V	0.5V	0.4V	0.2V	0.45V
V_T	1.5V	2.5V	1.5V	1.2V	0.9V

Különböző feszültség logikák jeltartományai [2. táblázat]

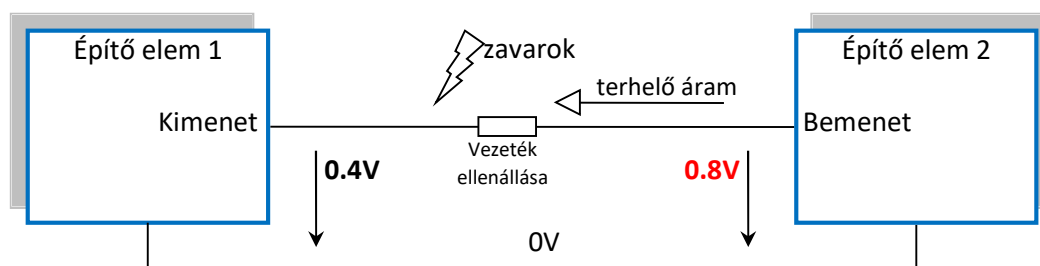


Különböző logikai szintek ábrázolása [1. ábra]

Zajtartalék (noise margin)

Egyazon áramköri családon belül is megfigyelhetjük, hogy az építőelemek bemenetére és kimenetére eltérő feszültségszint-tartományokat specifikálnak. Ennek a gyakorlatban a zavarvédelem szempontjából van kiemelt jelentősége. A logikai áramkörök tervezésekor fontos szempont volt, hogy ugyanazon áramköri családon belüli építőelemek be- és kimeneteit közvetlenül (huzalozással) lehessen összekapcsolni más illesztő áramkörök nélkül. Ha egy építőelem kimenetét összekapcsoljuk egy másik építő elem bemenetével, akkor az összekötő vezetéken különböző nagyságú terhelő áramok folynak, ennek hatására feszültség különbség lehet a vezeték két vége között (vezetett zavarok). Ugyancsak problémát okozhatnak a rádiófrekvenciás sugárzásokból eredő zavarok, melyek a vezetékekben zavaró feszültségeket indukálhatnak, amely szintén feszültség különbséget okoz a vezeték két vége között.

(sugárzott zavarok). Amennyiben a zavaró jel nagysága alatta marad a $V_{OH}-V_{IH}$; $V_{IL}-V_{OL}$ feszültségek különbségénél, úgy az nem okoz hibát a logikai hálózat működésében. Ezt nevezzük zajtartaléknak. Például, ha egy TTL építőelem kimenetén közvetlenül 0.4V feszültség jelenik meg, amelyhez 0.4V zavaró jel adódik hozzá a vezetéken folyó zavaró áramok miatt, akkor a vezeték másik végén lévő bemeneten 0.8V feszültség lesz, melyet még „L” szintnek érzékel az áramkör. Ha a zavarójel mértéke ennél nagyobb, akkor a bemeneten érzékelhető feszültség belecsúszik a „tiltott” sávba, ahol nem tudjuk pontosan megmondani, hogy „L” vagy „H” szintnek fogja érzékelni az építőelemünk. Ez az előírt tartományon kívül eső jel bizonytalan működéshez vezethet.



Logikai építő elemek összekapcsolása [2. ábra]

Összekapcsolhatóság

A hardvertervezői gyakorlatban előforduló probléma, hogy különböző feszültségről működő logikai építőelemeket kell összekapcsolni. A fenti ábrát és táblázatot figyelmesen áttekintve megállapíthatjuk, hogy a zajtartalék rovására sok esetben ez lehetséges. Amennyiben az építőelemek tápfeszültsége is különbözik, úgy a túl magas logikai szint jelenléte is okozhat problémát, mert a legtöbb építőelem nem viseli el károsodás nélkül a bemenetén fennálló „túl magas” feszültségszintet. A lehetséges összekapcsolhatóságokat szemlélteti a következő táblázat [3]. A táblázatban *-al jelölt esetekben az összekapcsolás csak akkor lehetséges, ha a bemenet tolerálja a tápfeszültséget meghaladó V_{IH} logikai szintet. Ha a megengedettől eltérő feszültségű logikákat kell összekapcsolni, akkor azt közvetlenül nem, csak megfelelő szintillesztő áramkörtől keresztül lehet üzembiztosan megvalósítani. A logikai építőelem gyártók kínálatában megtalálhatók ezek a szintillesztő (level translator, level shifter) áramkörök.

bemenet \ kimenet	5V TTL	5V CMOS	3.3V TTL	2.5V CMOS	1.8V CMOS
5V TTL	igen	nem	igen*	igen*	igen*
5V CMOS	igen	igen	igen*	igen*	igen*
3.3V TTL	igen	nem	igen	igen*	igen*
2.5V CMOS	igen	nem	igen	igen	igen*
1.8V CMOS	nem	nem	nem	nem	igen

Különböző feszültségű logikák összekapcsolhatósága [3. táblázat]

Pozitív és negatív logika

A katalógusok általában nem igaz/hamis, hanem H és L vagyis „magas” és „alacsony” logikai szinteket specifikálnak. A tényleges összerendelés így a tervező feladata lesz. Amennyiben a H-szinthez rendeljük az „1” logikai értéket és az L-szinthez a „0” értéket, úgy **pozitív logikáról** beszélünk. Egyes esetekben célszerű lehet a fordított hozzárendelés, ekkor **negatív logikáról** beszélünk.

Logikai érték	jelölés	Pozitív logika	Negatív logika
igaz	1	H	L
hamis	0	L	H

Feszültség szintek és logikai értékek összerendelése [4. táblázat]

Feszültség logika építőelemeinek kimenetei

Az előzőekben megismert feszültség szintek biztosításához úgy tervezték meg a logikai építőelemeket, hogy a működésnek megfelelő „H” vagy „L” szinthez rendelt feszültség jelenjen meg az építőelem kivezetésén. Anélkül, hogy az áramköri ismereteket részleteznénk a következőkben nagyon röviden bemutatjuk a TTL áramkörökben alkalmazott három kimenet típust, a Totem-Pole (TP), a nyitott kollektor (OC) és a háromállapotú (3st) kimenetet.

A **Totem-Pole** kimenet tulajdonképpen két elektronikus kapcsoló elemből áll, a vezérlésnek kell biztosítania, hogy a kimenet a tápfeszültségre (H-szint) vagy a földpontra (L szint) kapcsolódjon. A TP kimenet alkalmas több kapubemenet meghajtására. Mivel a belső kapcsolók egyike mindig zárt (közel rövidzár), ezért a TP kimenetek egymással nem köthetők össze, mert két ellentétes értékű kimenetnél a belső kapcsoló elemek tönkre mehetnek.

A **nyitott kollektoros** kimenet egyetlen kapcsoló elemet tartalmaz, amely a kimenetet a földpontra kapcsolja (L-szint). A magas logikai szintet megfelelően méretezett külső felhúzó ellenállással kell biztosítani. Az ilyen kapukimenetek feltétel nélkül összeköthetők, ilyenkor az egyes kimenetek között egy úgynevezett huzalozott függvénykapcsolat jön létre.

A **háromállapotú** kimenetek a H és L szinteken kívül rendelkeznek egy nagyimpedanciás állapottal is, amelyben kimeneti pont és az áramkör közötti kapcsolat megszakítottnak tekinthető. Az ilyen tulajdonságú áramkörök kimenetei összeköthetők egymással, de csak akkor, ha megfelelő vezérléssel garantáljuk, hogy egyszerre legfeljebb csak egy kapukimenet aktív. A harmadik állapot előállításához egy külön tiltó / engedélyező bemenet tartozik.

