Dönem II Biyofizik

Nöronal Entegrasyon

Barkın İlhan

October 30, 2019

N.E.Ü. Meram Tıp Fakültesi

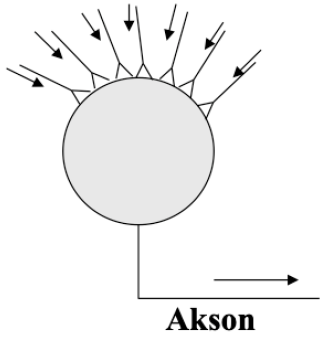
http://icon.unrlabs.org/lecturenote/tr/noronal_entegrasyon.pdf

Nöronal entegrasyon: Nöron topluluklarının organizasyonu

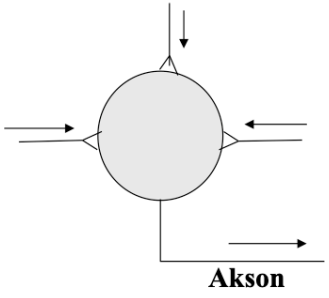
- Merkezi, otonom ve periferik sinir sistemlerinde, anatomik olarak birbirinden farklı derecelerde ayırt edilebilen birçok nöron topluluğu vardır.
- Nöron kümeleri, nöronların birbirleri ile (komşu veya daha uzaktaki diğer nöronlarla) bağlantı tipleri açısından bazı ortak özellikler taşırlar.
- Nöronlar arasında: **(1) Toplayıcı ("convergent")** ve **(2) Dağıtıcı ("divergent")** olmak üzere başlıca iki tip bağlantı mevcuttur.

(1) Toplayıcı ("convergent") Bağlantılar

- Birçok sinir lifi tek bir nöron üzerinde sinapslar yaptığında toplayıcı bağlantılardan söz edilir.
- Bu lifler aynı aksonun kollateralleri veya farklı nöronların aksonları olabilir.



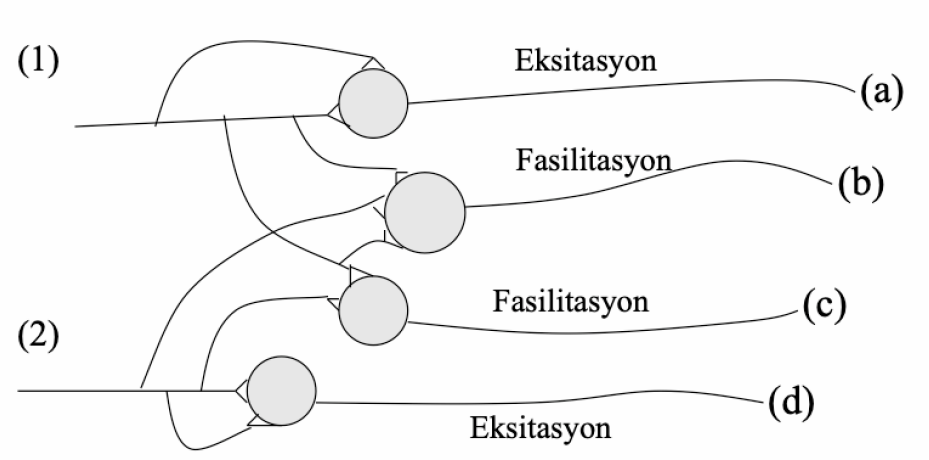
Aynı aksonun kollateralleri:
Sinir-kas kavşağı (nöro-musküler geçiş) için de geçerli olan bağlantı tipi. Amaç bağımsız eşik altı uyaranları güçlendirerek post sinaptik nöronu veya kası daha güçlü şekilde uyarmaktır.



Toplam devresi:
Bu tip bir toplayıcı bağlantıda alıcı nöron, çeşitli kaynaklardan gelen mesajların net uzaysal/zamansal toplamına göre davranır.

(1) Toplayıcı ("convergent") Bağlantılar

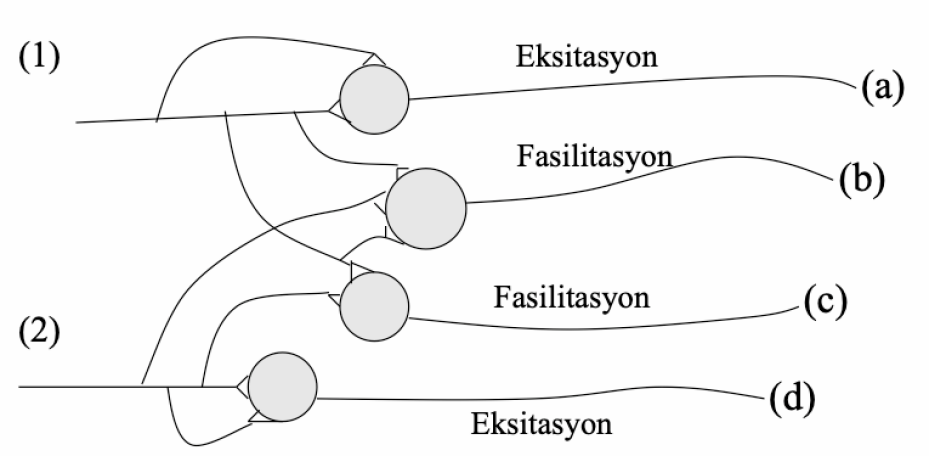
- Nöromüsküler kavşak sinapslarından bazıları inhibitör bazıları ise eksitatördür.
- Eksitatör ve inhibitör sinapslar memelilerde sadece nöronlar arası bağlantılarda bir arada görülür.



Aynı ve farklı kaynaklardan toplanmanın bir arada (hem inhibitör hem de eksitatör bağlantı tipinin) görüldüğü organizasyon.

- Bu tür ağ yapılarına hem merkezi sinir sisteminin hem de otonom sinir sisteminin nöron kümelerinde yaygın olarak rastlanır.

(1) Toplayıcı ("convergent") Bağlantılar



Böyle bir organizasyonun fonksiyonel sonucu:

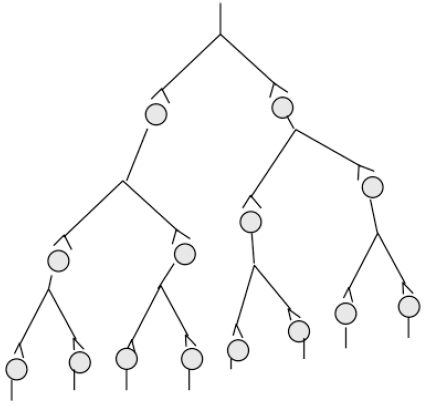
(a) ve (d) $\rightarrow$ Eksitasyon

(b) ve (c) $\rightarrow$ Fasilitasyon (uyarılmanın kolaylaştırılması)

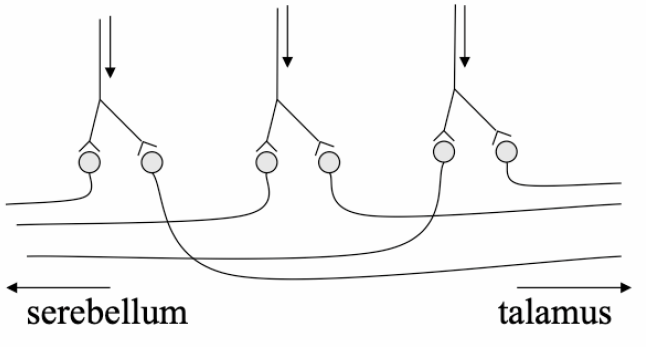
Yani, (a) ve (d) uyarılırken (b) ve (c)'nin uyarılma eşikleri düşürülmüş olacaktır.

(2) Dağıtıcı ("divergent") Bağlantılar

Toplayıcı bağlantıların tam aksi bir organizasyondur. İki tipi görülür:



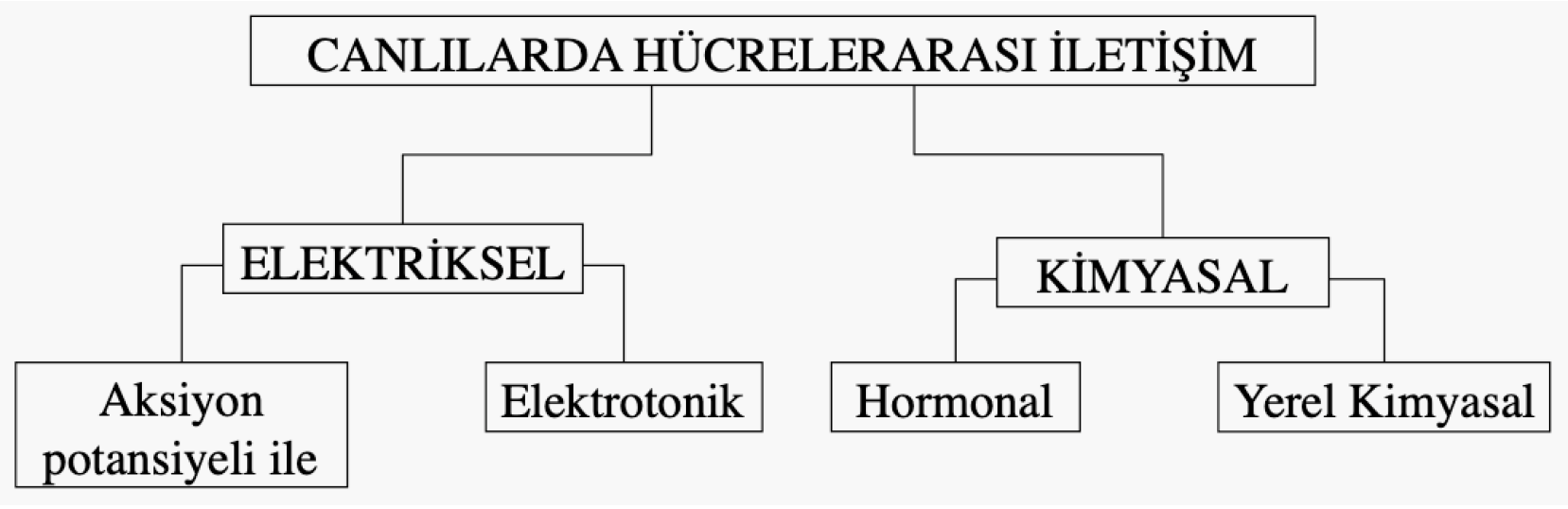
Aynı yolak üzerinde (hunileşme, aynı yoldan dağılma): Tek bir liften gelen mesajın katlanarak şiddetlendirilmesini sağlar. Örneğin, motor korteksdeki bir hücrenin uyarılmasıyla büyük bir kas kitlesinin kasılması; motor komut aynı kasın pek çok lifini uyarır *(kortikospinal trakt)*.



Farklı yolaklarda (ayrı yollara dağılma):

Aynı mesajın farklı yapılara taşınmasını sağlar. Örneğin, dorsal kolon asendan traktusları; ikiye ayrılan liflerden bir bölümü talamus'a yönelirken diğer bir bölümü serebelluma gider *(dorsal kolon asendan traktusları)*.

Nöronal entegrasyon: Canlılarda hücrelerarası iletişim



Nöronal entegrasyon: Teknolojik İletişim Sistemleri

Gerek sinir sistemleri ile iletişimde gerekse insan yapısı teknolojik sistemlerde **iletişimde üç temel bileşen** rol alır:

- (1) Sinyal kaynağı
- (2) İletim Ortamı (kanal)
- (3) Alıcı

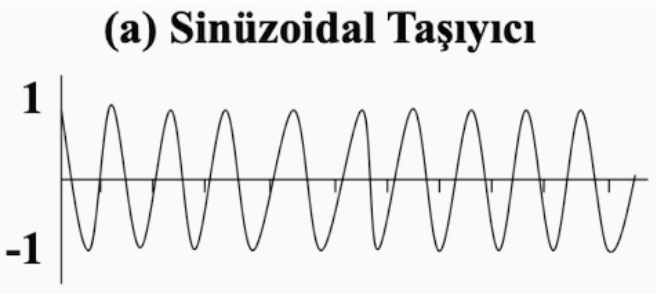
Günümüzde kullanılan teknolojik iletişim sistemlerini ise üç grupta toplayabiliriz:

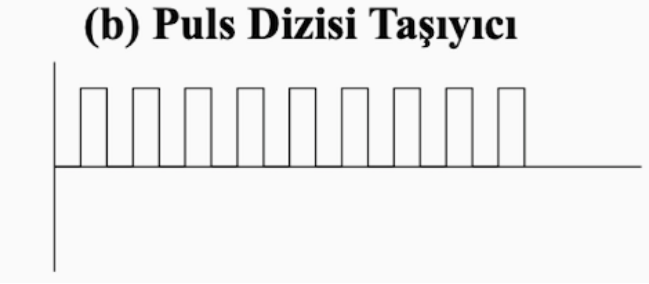
- **Doğrudan** iletişim
- **Modülasyonlu** iletişim:
  (a) Sinüzoidal (sürekli dalga) modülasyonu,
  (b) Puls (darbe) modülasyonu
- **Kodlamalı (şifreli)** iletişim

(1) Doğrudan İletişim

- Bilgi taşıyan sinyalin, herhangi bir taşıyıcı ("carrier") kullanılmaksızın kaynaktan alıcıya doğrudan doğruya kendisinin gönderilmesi durumudur.
- Sinir sisteminde, özellikle nörosensöriyel yolaklarda kısa mesafeler arasında elektrotonik sinyallerle haberleşme, doğrudan iletişime bir örnektir (retinal reseptörler $\rightarrow$ optik sinir, vb.).

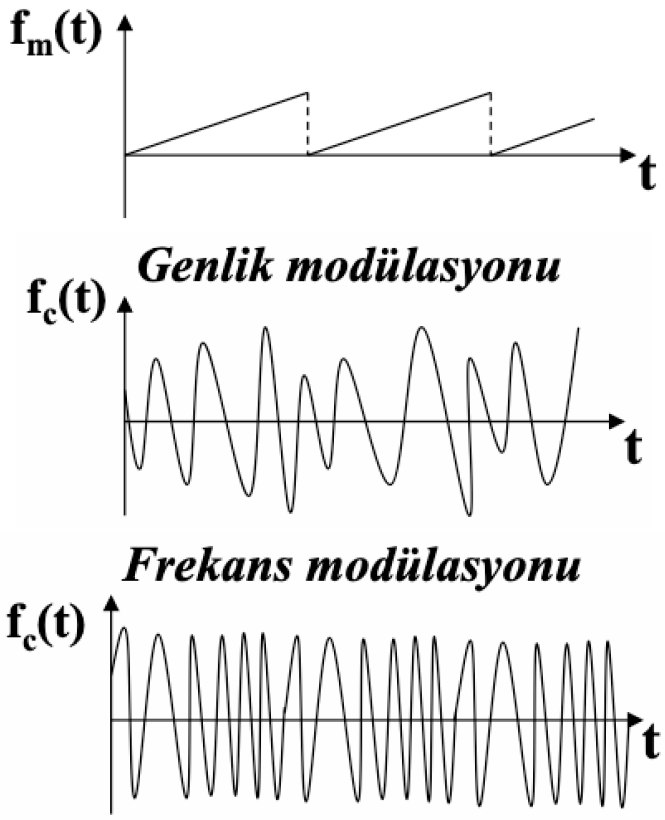
(2) Modülasyonlu İletişim

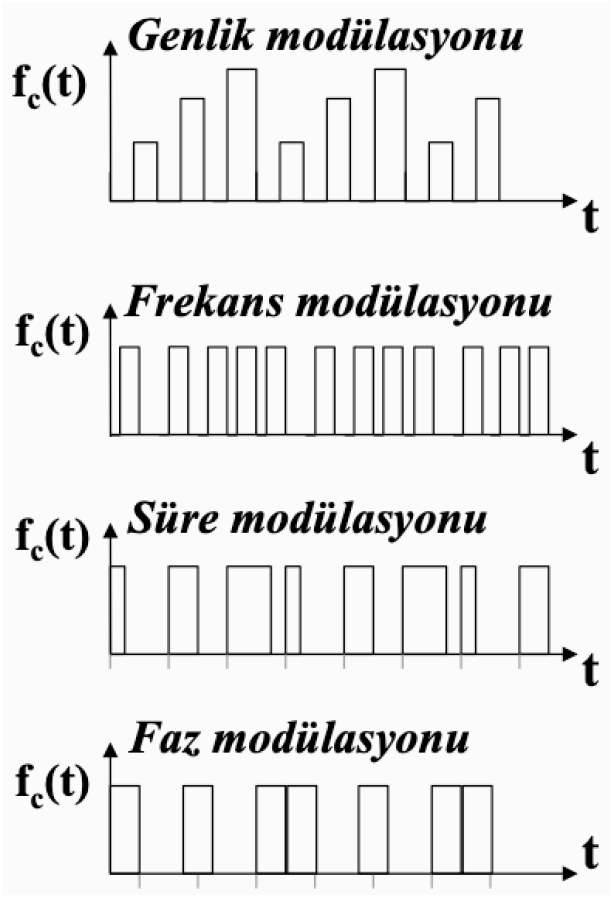




- **Modülasyon:** Sürekli bir sinyalin genlik, frekans, faz (benzer şekilde puls dizisinde puls süresi veya konumu) gibi parametrelerinin, bilgi taşıyan bir sinyaldeki değişiklikleri yansıtacak şekilde değiştirilmesi, yani **bilginin taşıyıcı dalga veya puls dizisinin üzerine bindirilmesi** demektir.
- Bir sinyalin yukarıda bahsedilen parametrelerinden hiçbiri değişmiyorsa sinyal bilgi taşımıyor demektir.

(2) Modülasyonlu İletişim





(2) Modülasyonlu İletişim

- Sinirlerin ürettiği aksiyon potansiyelleri puls veya sinüzoidal dalgalar şeklinde olmadığından, belirtilen modülasyon yöntemleri genel olarak sinir sisteminde geçerli değildir.
- Ayrıca, aksiyon potansiyelleri **ya hep ya hiç** kuralına göre oluştuğundan genlik ve süre belli bir tip hücre için daima sabittir ve ara değerler alamaz.
- Dolayısıyla, aksiyon potansiyellerinin genlikleri ve süreleri modüle edilemez ve bu nedenle aksiyon potansiyeli dizileri için puls genlik modülasyonu ve puls süre modülasyonu söz konusu olamaz.
- Bununla birlikte, aksiyon potansiyellerinin **puls frekans** ve **faz** modülasyonu mümkündür; çeşitli duyusal ve motor sistemlerde frekans modülasyonunun geçerli olduğu bilinmektedir.

(3) Kodlamalı ("encoded") İletişim

- Rastlanma olasılığı en küçük olan durumu gözlediğimizde en büyük haber değerini taşıdığını biliyoruz.
- Ondalık (desimal) sistemdeki herhangi bir sayı, ikilik (binary) sistemdeki bir sayı dizisi olarak da ifade edilebilir. Örneğin:

$567 = 5\times10^2 + 6\times10^1 + 7\times10^0$ (ondalık sistemde)
$7 = 2^2 + 2^1 + 2^0$ (ikilik sistemde)

- Ondalık sistem sayısının ikilik sistemdeki karşılığı, 2'nin artan kuvvetleri sağdan sola doğru yazılarak elde edilir. Sayıyı oluşturmak için bunlardan kullanılması gerekenler 1 ile diğerleri 0 ile çarpılır. Örneğin, 13 sayısının ikilik sistemdeki karşılığı:

2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
(16)	(8)	(4)	(2)	(1)
0	1	1	0	1

$$\Rightarrow \quad 13 = \underline{1}\times2^3 + \underline{1}\times2^2 + \underline{0}\times2^1 + \underline{1}\times2^0 = \underline{1101}$$

(3) Kodlamalı ("encoded") İletişim

Ondalık	İkilik
3	11
+ 3	+ 11
6	110

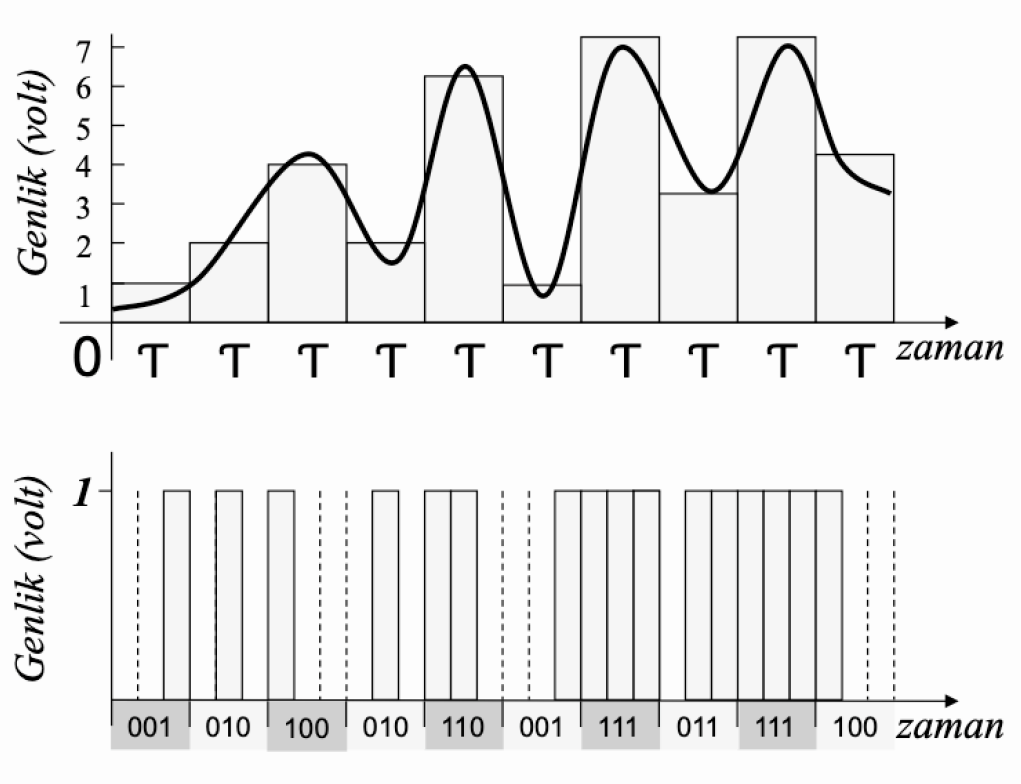
```
 8 | 2
-8   4 | 2
 0 - 4   2 | 2
     0 - 2   1
       0
```

8=1000

Ondalık sistemdeki rakamların ikili sistemdeki karşılıkları

Ondalık sistem	İkilik sistem
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

(3) Kodlamalı ("encoded") İletişim



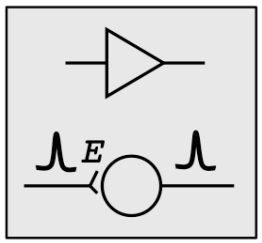
Sürekli bir sinyalin sayısal bir sinyale dönüştürülmesi ("kuantizasyon"). Sinyalin her T birim sürede aldığı değerler sırasıyla: 1, 2, 4, 2, 6, 1, 7, 3, 7, 4 volt 'tur.

Her bir T zaman aralığındaki genlik değeri ondalık değil de ikilik sistem de yazılıp "1" değerleri pulslara karşılık gelecek şekilde ifade edilirse sinyal sayısal (dijital) bir sinyale dönüştürülmüş olur.

Nöronal entegrasyon: Mantıksal işlemlerin nöronal karşılıkları

(1) Özdeşlik ("identity") devresi

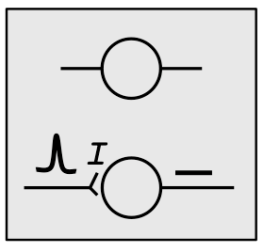
- Girişe uygulanan sinyal, genliği sabit kalarak veya arttırılarak, işaretinde bir değişiklik yapılmaksızın çıkışa aktarılır.



E: Eksitatör sinaps

- Bu işlem, kazancı bir veya daha fazla olan bir amplifikatör ile gerçekleştirilir. Sinir sisteminde bir nörondan diğerine iletilen bir aksiyon potansiyelinin 2. nöronda böyle bir işleme tabi tutulduğu düşünülebilir.
- Bir aksiyon potansiyeli, akson kollaterali vasıtasıyla çok sayıda nörona iletilirse amplifikasyondan söz konusu olabilir. Efektör hücrelerdeki sinir-kas kavşakları bu özelliktedir.

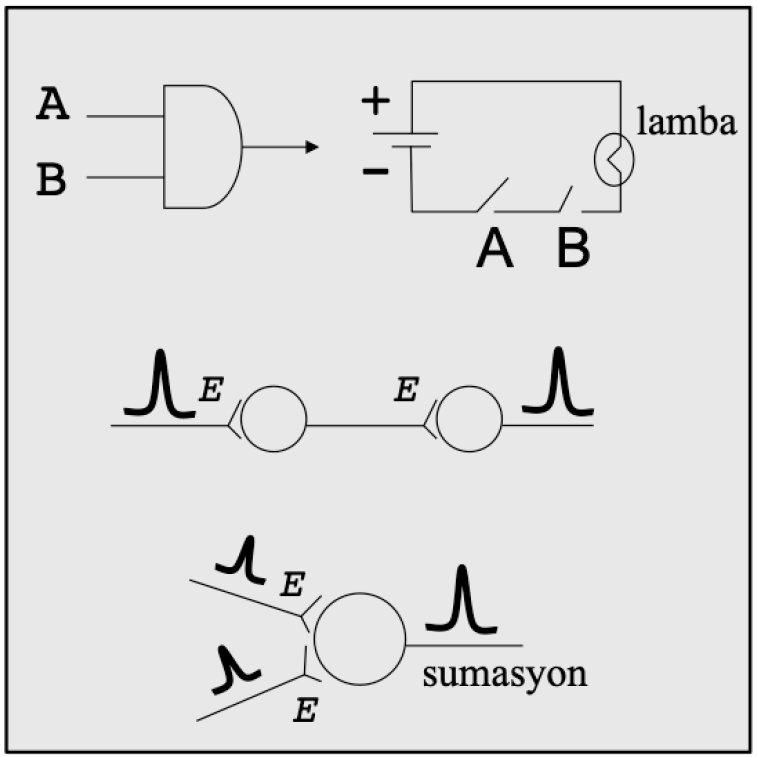
(2) Tersleme ("inversion") devresi



I: İnhibitör sinaps

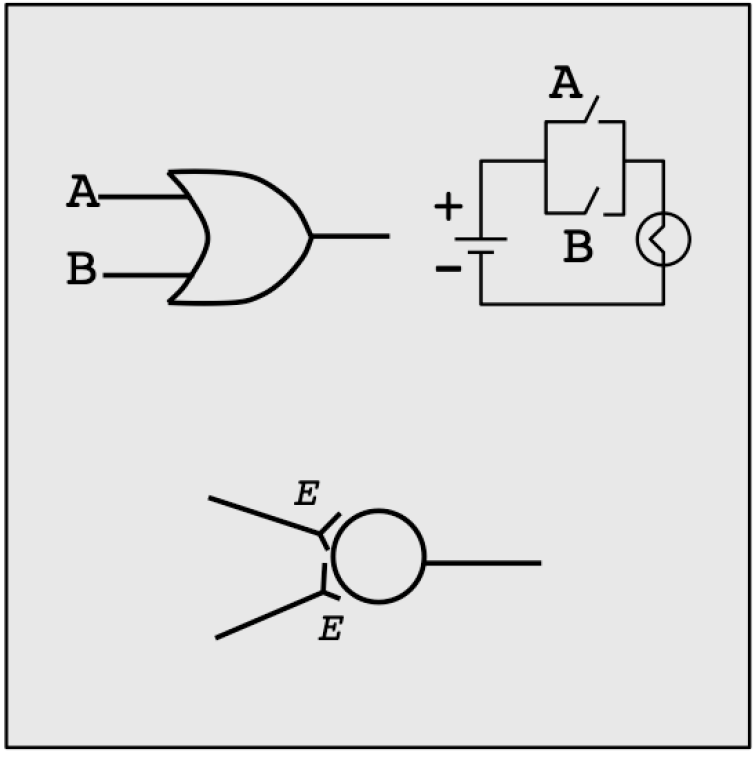
- Girişe uygulanan sinyal, işareti değiştirilerek çıkışa aktarılır. Sinir sistemindeki karşılığı olarak inhibitör nöronlar düşünülebilir.
- Kendine aksiyon potansiyeli gelen bir inhibitör nöron kendi aksonu ile bir başka nöronu inhibe eder.

(3) Ve ("and=conjunction") devresi



- Tüm girişlerde sinyal olduğu zaman çıkışta sinyal görülür. Yani, bu devreden bir sinyal transferi olabilmesi için birinci **ve** ikinci **ve** varsa diğer tüm girişlere sinyal uygulanmalıdır.
- Bu operasyonun en basit örneği seri bağlanmış iki lambadır. Lamba sadece iki anahtar devresinin kapalı olması durumunda yanar.
- Birbiri ile seri bağlantı yapan iki eksitatör nöron böyle bir devre oluşturur.
- Bir entegratör nörondaki **"uzaysal toplama (spasiyel sumasyon)"** bu olaya benzetilebilir.

(4) Veya (”or=disjunction”) devresi

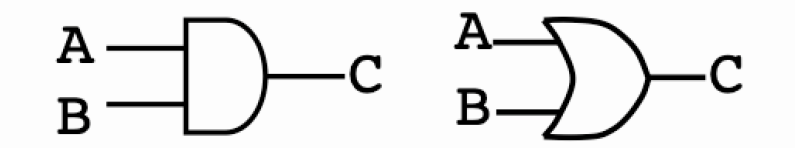


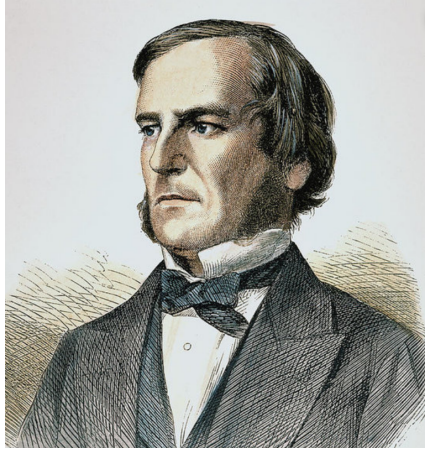
- Bu devre de “ve” devresi gibi iki girişlidir fakat girişlerden herhangi en az birinde bir sinyal olduğunda çıkışında sinyal gözlenir.
- Veya devresinin basit örneği, bir lamba devresinde paralel bağlanmış iki anahtarın durumudur. Anahtarlardan birine **veya** diğerine ilişkin devre kapatıldığında lamba yanar.
- Sinir sisteminde bir nörona iki farklı nörondan gelen aksonların bu nöron üzerindeki eksitatör sinaptik bağlantıları böyle bir devre oluşrurur.

Boole Cebri kuralları

Boole cebri ("Boolean algebra"): İkilik sistemdeki sayılar üzerinde temel işlemleri gerçekleştirmek amacıyla kendine özgü kuralları olan temel bir matematiksel sistemdir.

KONJONKSİYON (AND)	DİSJONKSİYON (OR)
A.B=C	A+B=C
0.0 = 0	0+0 = 0
1.0 = 0	1+0 = 1
0.1 = 0	0+1 = 1
1.1 = 1	1+1 = 1



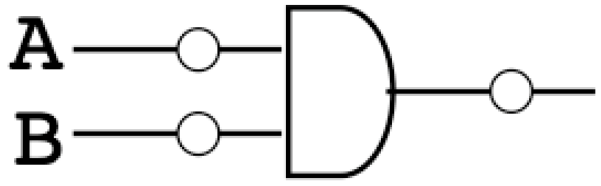


George Boole (1815-1864)

Mantıksal devrelerde dönüşümler

Mantıksal elemanlar bir dizi kural çerçevesinde birbirine dönüştürülebilir. Örneğin, tersleme (inversion) devreleri yardımı ile bir **veya** devresinden ve devresi, ve devresinden de veya devresi oluşturulabilir.

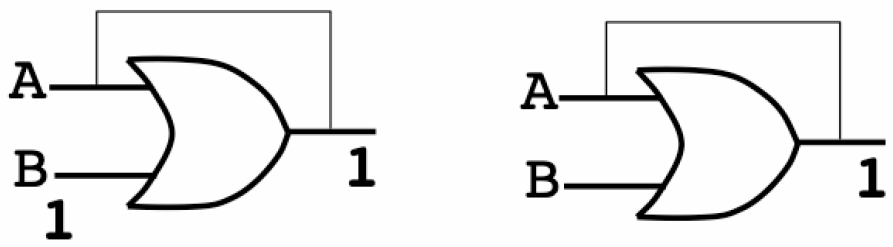

Augustus De Morgan (1806–1871)



Üç tersleme (inversion) ve bir "ve" (konjonksiyon) devresinden kurulmuş bir "veya" (disjonksiyon) devresi.

Temel Hafıza Devresi

Temel mantık devrelerinin çeşitli kombinasyonları ile hafıza ve karşılaştırma devreleri de kurulabilir. **Disjonksiyon ("or") devresinden kurulabilecek hafıza devresi:**



- Çıkış girişlerden birine bağlandığında B girişine uygulanan 1 değeri (voltaj değeri) **daha sonra kaldırılsa dahi** çıkışta 1 değeri gözlenmeye devam eder. Başka bir deyişle devrenin çıkışı, B girişine bir an için uygulanan 1 değerini **hatırlar**.
- Sinir sisteminde kısa süreli hafızadan sorumlu oldukları düşünülen **reverberasyon devreleri** temel olarak bu prensibe dayanmaktadır.

Temel Hafıza Devresi

- Mantıksal hafıza devresi ile sinir sisteminde nöronların akson dallarının geri bağlanmasıyla *(geri besleme="feedback")* oluşan reverberasyon devreleri arasında benzerlik görülmektedir.
- Sinir sisteminde görülen bu tip bağlantılar, en azından kısa süreli hafızanın böyle bir mekanizma ile mümkün olabileceği kanısını uyandırmaktadır.
- Bu tip temel mantıksal işlemler elektronik devrelerde olduğu gibi pulslarla çalışan sistemlerde mantık operasyonların nasıl gerçekleştirildiğinin anlaşılmasına yardımcı olmakla birlikte, sinir sistemindeki detayları yansıtmaktan çok uzaktır.
- Yine de, temel çalışma mantığını modellemek için çok faydalı bir teknik altyapı sağlamaktadırlar.