

ELEKTRONİK HESAP MAKİNESİZ YARDIMIYLA BİNER TOPLAMAYI ÖĞRENİNİZ

Martin du MANOIR

Elektronik hesap makinelerinin nasıl çalıştığını çok az kimse bilmektedir. İnsanların çoğu bir toplama veya çıkarma yaparken kendi beyinlerinde geçen olayları ne derece tanıyorlarsa, elektronik hesap makinelerinin nasıl çalıştığını da o derece tanımaktadırlar. Bu yazıda $11100 + 110010$ gibi bir örnekle belirtebileceğimiz biner toplama (l'addition binaire) veya ikili toplama sistemini ve bunun hesap makinelerine nasıl uygulandığını göreceğiz.

Belki inanmayacaksınız, fakat bir cebe sığacak kadar küçüklerinden bir odayı dolduran en büyüklerine kadar bütün elektronik hesap makinelerinin bir kusuru vardır: bir ilkokul öğrencisi kadar bile aritmetik bilmezler; şöyle ki ilkokul öğrencisi dört aritmetik işlemini yapmayı öğrendiği halde hesap makinesi yalnız toplama yapmasını öğrenmiştir, diğer bütün aritmetik işlemlerini toplama yaparak gerçekleştirir ve bunun için de sayıları kaydırma (dekalaj) denen yönteme başvurur. Sayı kaydırma denen şeyi bir çarpma yaparken hepimiz uygularız, örneğin 15'i 26 ile çarparken 30'u 90'ın tam altına değil, bir basamak sola kaydırarak yazarız, bu ise 90'ı 300 ile toplamak demektir. Hesap makinesi de aynı şeyi yapar, örneğin 001101'den 011010'a geçer.

011010 dedik, bu ne demek oluyor? Normalde 0'dan 9'a kadar olan sayıları yanyana yazarak istediğimiz sayıyı yazabiliriz, yani sayıları yazabilmek için 10 temel sayı kullanırız. Biner (ikili) sistemde ise yalnız 0 ve 1 kullanmak suretiyle istediğimiz sayıyı yazabiliriz (çerçeve içindeki yazıya bakınız). Biner sayılar insanı şaşırtıcı gibi gözükürse de aslında anlaşılabilir ve kolaydır. Sayıları yazmanın en basit yolu tek bir işareti, örneğin yıldız işaretini (*) tekrarlatmak olabilirdi, o zaman bir yerine *, iki yerine **, üç yerine *** vs. yazmamız gerekirdi, tabii 25 yazmak için yanyana 25 yıldız koymamız gerekecekti. Bunun ne kadar zor olacağı bellidir. Yıldız sistemi kullanılarak 1976 yazmak istesek (her yıldız 3 mm.'lik yer kapladığına göre) 1976 yıldız karşılık 5928

mm. yer kaplamış olacaktık, bu da hemen hemen 6 m. yapardı.

Tek işaret yerine iki işaret kullanmak yolu ile sayıların yazılması basitleştirilmiştir. Bu iki işareten birinin 0, diğerinin ise 1 olması üzerinde anlaşmaya varılmıştır, fakat tabii bu iki işaret A ve B, ya da? ve! olabilirdi. Şimdi bu 0 ve 1 sistemi üzerinde duralım. Sıfır 0 ile, bir 1 ile gösterilecektir. İki yerine 10 yazılması gerekmektedir (çerçeve içindeki açıklamayı okuyunuz). Normal sayı sisteminde 10'un anlamı şudur: "on üssü bir + sıfır". Biner sistemde ise 10 şöyle okunur: "iki üssü bir + sıfır". Üç 11 ile ifade edilir (iki üssü bir + bir), dört yerine 100 yazılır (iki üssü iki + sıfır + sıfır), beş için 101 yazmamız gerekir (iki üssü iki + bir) vs. Toplama tablosu çok basitleştirilmiştir: $0 + 1 = 1 + 0 = 1$, $1 + 1 = 10$ (veya sıfır, elde var bir).

Biner sistemin önemi şurada: normal sayılara göre daha fazla yer kaplıyorsa da yalnızca iki eleman kullanması yetmektedir. Bu iki eleman elektrik yardımı ile gerçekleştirilebilir: bir elektrik akım anahtarı (enterrüptör) yeter. Üzerinde 6 ampül bulunan bir ekran düşünelim, her ampülün kendi teli ve akım açma - kapama anahtarı olsun. Ampülün yanmasının 1, sönmesinin 0 anlamına gelmesi kararlaştırılmıştır. Ekranın 22 ampül - yanık - sönük - yanık - yanık - yanık - sönük durumu varsa sayı 010110'dur ki 22 demektir (sıfır + 2'nin 4. kuvveti + sıfır + 2'nin 2. kuvveti + 2'nin 1. kuvveti + sıfır = 22). Görüldüğü gibi 0'lar 0 olarak alınıyor, 1 görüldüğü yerlere 2'nin kuvvetlerini yazıyoruz, 2'nin hangi

BİNER (İKİLİ) SAYI SİSTEMİ

Biner sayı sistemi şu esasa dayanmaktadır: bütün çift sayılar 2 sayısının değişik üslerinin toplamı şeklinde yazılabilir ve bütün tek sayılar 1 ekleyerek çift sayılardan elde edilebilir. Örneğin $2 = 2^1$, $4 = 2^2$, $6 = 2^1 + 2^2$, $8 = 2^3$, $10 = 2^3 + 2^1$, $12 = 2^3 + 2^2$ v.s. Şimdi bir sayıyı biner sayıya çevirelim:

$$14 = 2^3 + 2^2 + 2^1 = 1110$$

$$30 = 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 = 11110$$

$$31 = 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 1 = 11111$$

Görüldüğü üzere ikinin üsleri yerine daima 1 yazılıyor, ikinin kaçınıcı üssü olduğunu anlamak için sağdan başlayarak söz konusu 1'e kadar sayıyor ve bulduğumuz sayıdan 1 çıkartıyoruz, 1 çıkartmamızın nedeni en sağdaki basamağı çift sayılar için 0, tek sayılar için 1 yazmağa ayırmış olmamız. Örneğin 1110'da en soldaki 1 sağdan dördüncü sayıdır, $4 - 1 = 3$ olduğundan biner sayıyı normal sayıya çevirirken en soldaki 1 yerine 2^3 yazmamız gerekir, benzer şekilde 11110'da en soldaki 1 sağdan beşinci sayıdır ve ikinin dördüncü kuvvetini temsil etmektedir. Biner sayılarda yalnız en sağdaki 1 bu kaideye uymaz, yani 2'nin üssü olarak değil, 1 olarak kabul edilir. Bundan da anlaşılıyor ki en sağ sayısı 1 olan biner sayılar tek, 0 olan biner sayılar ise çifttir.

Biner sayıların toplanmasındaki kurallar şunlardır:

1. Sayılar sağdan hizaya getirilerek altalta yazılır.
2. Toplamaya normalde olduğu gibi en sağdan başlanıp sola doğru gidilir.
3. $0 + 0 = 0$, $1 + 0 = 1$, $0 + 1 = 1$, $1 + 1 = 10$ (veya sıfır, elde var bir) olacak şekilde toplama yapılır. Elde var 1'i bir soldaki basamağın toplanmasında unutmamak gerekir.

Örneğin $111 + 001$ 'in sonucunu bulalım, toplamaya en sağdan başlayalım: $1 + 1 = 0$ elde var 1. Eğer "elde var 1" olmasaydı sağdan ikinci basamağı toplarken $1 + 0 = 1$ diyecektik, fakat elimizde 1 olduğundan sağdan ikinci basamak şöyle toplanacak: $1 + 1 + 0 = 0$ elde var 1. Sağdan 3. basamak ise $1 + 1 + 0 = 10$ olacak, yani $111 + 001 = 1000$ veya $7 + 1 = 8$. $111 + 11 = 1010$ toplanmasında olduğu gibi bazen $1 + 1 + 1$ durumu ile karşılaşırız, bu durumda $1 + 1 + 1 = 11$ veya $1 + 1 + 1 = 1$ elde var 1 şeklinde düşünmemiz gerekir.

Dr. Selçuk ALSAN

kuvvetini yazacağımızı şöyle buluyoruz: ilgilediğimiz bir'in sağdan kaçınıcı sayı olduğunu bulup bundan 1 çıkartıyoruz, örneğin yerine 2^4 yazdığımız 1 sağdan beşinci sayıdır. Demek ki biner sayılar elektriğin iki durumu ile temsil edilebilir: "akım geçer" ve "akım geçmez", yapılacak şey bu iki durumun birbirini değişik sıralarla izlemesini sağlayarak değişik sayılar yaratmaktır.

Demek ki bu iki mümkün durum biner bir sayı haline çevrilebilmektedir, şöyle ki biner sayının her basamağı ya 0, ya da 1 olmak

zorundadır. Şimdi yukarıda 010110 yazdığımız ekrana dönelim ve bu sayıya 011100 (yani 28) ilâve etmek isteyelim. 011100 hakkındaki bilgi elektrik akımı (veya akımın yokluğu) şeklinde akım anahtarlarına gelecektir. Biner toplama kanunlarına göre akım yok + akım yok = akım yok ($0 + 0 = 0$), akım yok + akım var = akım var ($0 + 1 = 1$) ve akım var + akım var = bu anahtarda akım yok, onun bir solundakinde akım var ($1 + 1 = 10$, buradaki 10 normal sayıların 2'sine karşılıktır, biner sistemde şöyle okunur: 0, elde var bir veya başka bir deyişle bu



n	HI	7	6	5	4	3	2	1	0
2	HI	128	64	32	16	8	4	2	1
x		y	z	t					w

1	0	1	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

$$128 + 32 + 16 + 4 + 1 = 181$$

SAYILARIN BİNER (İKİLİ) SAYILARA ÇEVİRİLMESİ

Elimizde $x...yzt...w$ gibi bir sayı olsun. $X...$, y , z , t , ... w basamakları da 0 veya 1 ile ifade edilmiş bulunsun. En sağdaki basamağa (w 'ye) sıfır diyerek basamakları sola doğru 0, 1, 2, 3, ... diye saymaya başlayalım, en sol sayı olan x 'e ulaştığımızda n . basamağa ulaştığımız olalım, bu durumda $X...yzt...w = X \times 2^n + ... + y \times 2^7 + z \times 2^6 + t \times 2^5 ... + w \times 2^0$

anahtarda akım yok, fakat onun bir solundakinde akım var, çünkü 10 ifadesindeki bir, sıfırın solundadır).

Böyle bir sistemin birçok ara istasyon (röle) kullanan elektromekanik yöntemlerle gerçekleştirilebileceği mutlak. Fakat kolay bozular ve dayanıksız olacaktır, üstelik hacmi de çok büyük olmak zorundadır. İşte elektronik bilimi transistörler kullanarak bu problemi çözmüştür. Transistörler akım anahtarı gibi rol oynayarak akımı geçirmekte veya kesmektedir. Bu şöyle olur: Transistör'ü üç telli küçük bir levha olarak düşünelim: giriş teli, çıkış teli, komuta teli. Komuta teline akım verilirse giriş telinden giren bir başka akım çıkış telinden çıkabilir, yani devre kapanmıştır, buna karşın komuta telinde akım yoksa giriş telinden gelen akım çıkış teline varamaz, transistör devreyi açmıştır. Demek ki bir komuta teli sayesinde bir transistör devre anahtarı gibi çalışabilmektedir. Fakat iş bu kadarla bitmemektedir, bir elektronik hesap makinesindeki transistörlerin bir devre anahtarından daha becerikli olması gerekir, $0 + 0 = 0$ 'ı elde etmek kolaysa da $1 + 1 = 10$ 'u elde etmek zordur, bu takdirde giriş telinden çiftte akım giren bir transistör çıkış teline hiç akım vermeyecek (10 'un 0 'ı) ve dördüncü bir telle solundaki transistöre akım verecektir (10 'un 1 'i).

ELEKTRONİK KAPILARIN GARİP MANTIĞI

Pratikte bunu YARIM TOPLAYICI (half adder veya demi-additionneur) denen elektronik üniter gerçekleştirir. Her yarım toplayıcı 13 transistör'den yapılmıştır, bunlardan 9 tanesi üç kapı yapacak şekilde gruplaşmıştır, kalan 4 tanesi herbiri iki transistörlü iki enversördür (akım varsa akımı kesen, akım yoksa akım başlatan, yani sıfırını bir ve birini sıfır yapan aygıt; buna akımı tersine çeviren aygıt da denebilir). Yukarıda 010110 sayısına karşılık olan 6 ampullü bir ekran görmüştük, ampullerden herbiri bir yarım toplayıcıya bağlanmıştır. Şimdi 010110'a (yani 22'ye) 011100 (yani 28) ilâve etmek isteyelim, 011100 sayısının her basamağı bir komuta teli üzerinden gelir, $010110 + 011100 = 110010$ yapar (biner toplama prensiplerini anlamak için çerçeve içindeki yazıyı okuyunuz), 110010 sayısı 2'nin 5., 4. ve 1. kuvvetlerinin toplamı demektir, yani 50'dir, böylece $22 + 28 = 50$ 'yi biner matematikle bulmuş olduk.

Her basamak 2 enversör ve 3 kapıdan geçmek zorundadır. Enversör'ün akımı tersine çevirdiğini söylemiştik, elektronik kapıları anlamak biraz daha zordur. Biner toplamalarda artı işareti yerine yıldız işareti (*) kullanacağız, $0 * 0 = 0$, $0 * 1 = 1$, $1 * 0 = 1$ ve nihayet $1 * 1 = 0$ elde var

Décimal	Binaire	D.C.B.	D.C.B. exc. 3
0	0	0 0 0 0	0 0 1 1
1	1	0 0 0 1	0 1 0 0
2	1 0	0 0 1 0	0 1 0 1
3	1 1	0 0 1 1	0 1 1 0
4	1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 1
5	1 0 1	0 1 0 1	1 0 0 0
6	1 1 0	0 1 1 0	1 0 0 1
7	1 1 1	0 1 1 1	1 0 1 0
8	1 0 0 0	1 0 0 0	1 0 1 1
9	1 0 0 1	1 0 0 1	1 1 0 0
10	1 0 1 0	0 0 0 1 0 0 0 0	0 1 0 0 0 0 1 1
11	1 0 1 1	0 0 0 1 0 0 0 1	0 1 0 0 0 1 0 0
12	1 1 0 0	0 0 0 1 0 0 1 0	0 1 0 0 0 1 0 1
16	1 0 0 0 0	0 0 0 1 0 1 1 0	0 1 0 0 1 0 0 1
17	1 0 0 0 1	0 0 0 1 0 1 1 1	0 1 0 0 1 0 1 0
18	1 0 0 1 0	0 0 0 1 1 0 0 0	0 1 0 0 1 0 1 1
53	1 1 0 1 0 1	0 1 0 1 0 0 1 1	1 0 0 0 0 1 1 0
55	1 1 0 1 1 1	0 1 0 1 0 1 0 1	1 0 0 0 1 0 0 0
117	1 1 1 0 1 0 1	0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1	0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0
128	1 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0	0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1

SAYILARIN BİNER (İKİLİ) SAYILARA ÇEVİRİLMESİ

1. sütunda sayılar, 2. sütunda biner sayılar, 3. sütunda DCB veya BOKD sistemi, 4. sütunda 3 sayı kaydırılmış BOKD sistemi görülüyor. BOKD sistemi 4 basamaklıdır, 9'a kadar biner sistemin aynısı olup 10'dan itibaren sayının tümü değil her basamağı biner olarak yazılmaktadır. 3 sayı kaydırılmış BOKD sisteminde 0 ile 9 arasında her sayı biner ve BOKD sistemlerindeki aynı sıraya rastlayan sayıdan 3 daha büyüktür, örneğin biner sistemde 9 sayısı 1001 iken 3 sayı kaydırılmış BOKD sisteminde 1100'dür ki biner sistemin 12'sine karşılık olmaktadır. Bu sistemin özelliği sayıların 9/2 yani 4.5 etrafında simetrik olmalıdır, örneğin 3'ü 6 yapmak için sıfırları bir ve birleri sıfır yapmak yetmektedir.

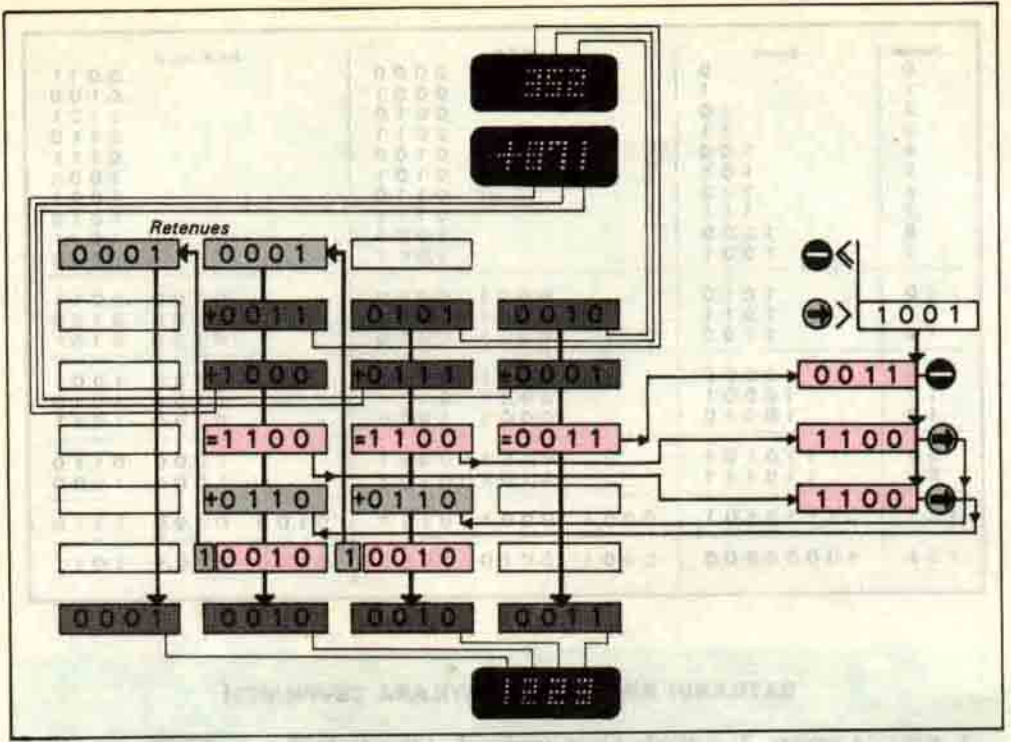
bir gibi bir sonuç elde etmek için elektronik beyin biliminde kapı (port) diye bilinen mantıklı şemaları bir araya getirmek gerekmektedir. Bu mantıklı işlemler Boole cebirini ve biner analiz'i ilgilendirir.

Böyle on kadar kapı vardır ki aralarında birleştirildiklerinde toplama ve sayı kaydırma (dekalaj) yaptırmaya imkân verir. Bu kapılar genellikle mantık prensipleri ile çalışır: A veya B, A ve B, A veya B fakat C yok gibi. Örnek olarak VEYA ile ilgili iki kapı çeşidini inceleyelim. Bunlardan ilki "YA BİRİ YA DA ÖTEKİ, İKİSİ BİR DEN OLMAZ" kapısıdır (ekskluzif veya kapısı), bunu anlamak için ucuz lokantaların tabldot listesini düşünmek yeter, listenin sonunda örneğin "tatlı VEYA meyva" yazar, tabii müşteriler anlar ki "tatlı VE meyva" ihtimali yoktur, ya tatlı ya da meyva ile yetinecektir. Bu kapının ifadesi şudur: $0 * 0 = 0$, $0 * 1 = 1$, $1 * 0 = 1$ ve $1 * 1 = 0$. İkinci tip VEYA kapısı "İKİSİNDEN

BİRİ VEYA HER İKİSİ DE" kapısıdır (Inkluzif veya kapısı). Bu kapıyı anlamak için şekerci dükkânına gitmiş bir çocuğu düşünelim, çokolata VEYA dondurma istiyor, fakat tabii kendisine HER İKİSİ DE verilirse çok daha mutlu olacaktır. Bu kapıyı da şöyle ifade edebiliriz: $0 * 0 = 0$, $0 * 1 = 1$, $1 * 0 = 1$, $1 * 1 = 1$.

Bundan başka öyle kapılar vardır ki yalnız $0 * 0 = 1$ olup bütün diğerleri 0 verir, bir diğer tip de yalnız $1 * 1 = 0$ olup bütün diğer girişler 1 verir. Burada bunların ayrıntılarına girmeden şunu belirtelim ki bu gibi kapıları 4 - 5 transistörü gruplaştırarak elde edebiliriz. Ayrıca dört tip transistör daha bulunmaktadır: giriş akımının aksini veren T'ler, 0 veya 1 durumuna geri getiren RS'ler, bilgi akışını geciktiren D'ler ve efendiköle denen bir çeşit tersine çeviriciler.

Giriş ve komuta akımına bağlı olarak çıkış akımı veren veya vermeyen transistör sistemlerinden başka sayıları kaydırabilen ve özellikle

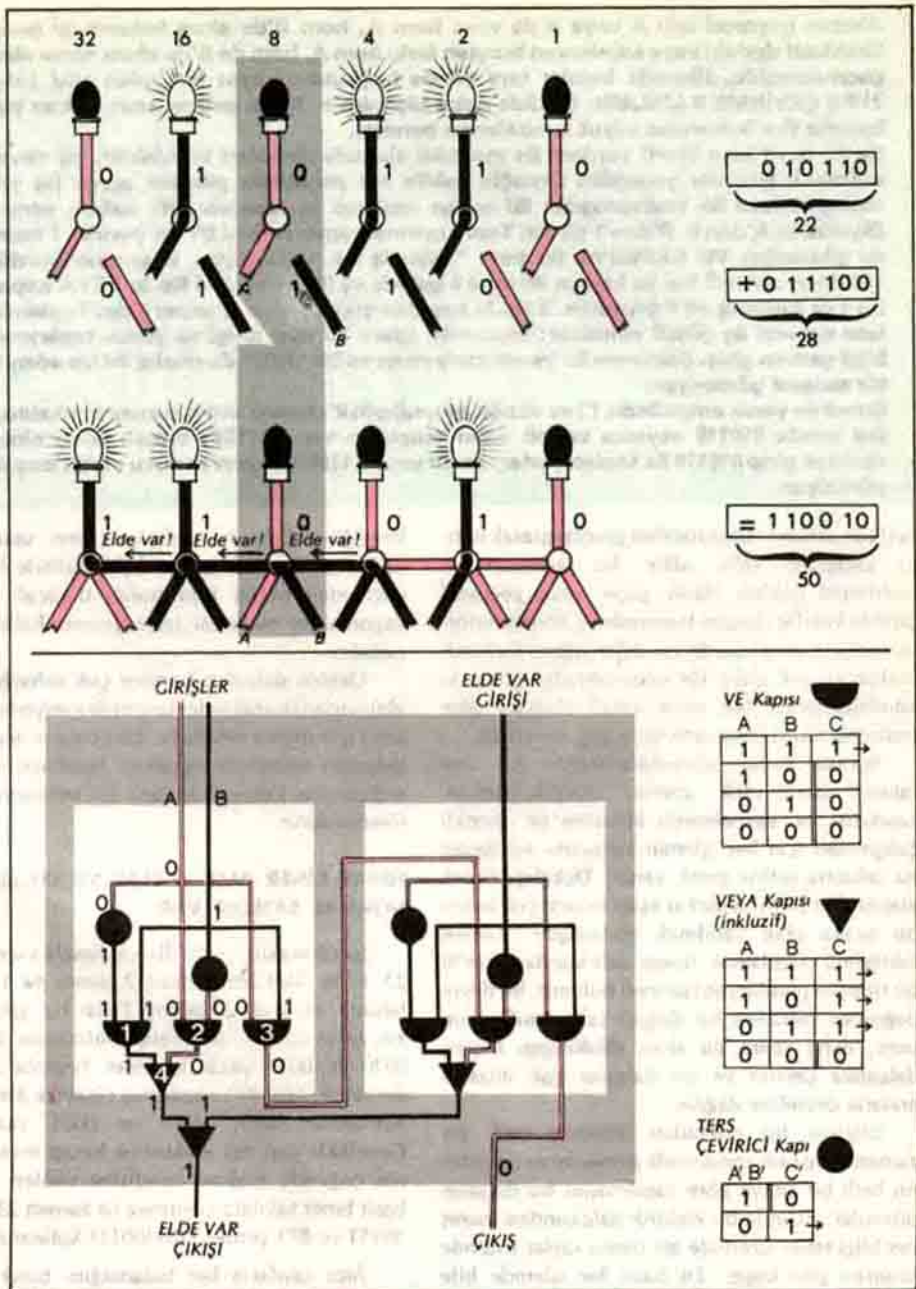


BASİT BİR TOPLAMA İÇİN PEK ÇOK İŞLEM

352 ile 871'i toplamak istiyoruz. 3, 5, 2 tuşlarına bastığımız zaman makinenin hafızasına DCB veya BOKD sistemine göre 352 yazılır (üstten 2. sıra). Sonra 8, 7, 1 tuşlarına basarsız ve makine yine BOKD sistemine göre 871 yazar (üstten 3. sıra). Artı işaretine bastığımızda makine en sağdan toplamaya başlar. Elde ettiği sonucu 1001 ile karşılaştırır (sağda en üst sıra), sonuç 9'dan küçükse, ki burada böyledir, toplamı aynen bırakır ve bir soldaki basamağa geçer. Toplam sonucunu yine 1001 ile karşılaştırır, bu kez toplam 9'dan (yani 1001'den) büyüktür, bu nedenle makine bu toplama 0110 (solda alttan 3. sıra) ekler, bunun sonucu elde bir kalmıştır (elde var 1 alttan 2. sıradan en üst sıraya geçmiş olarak görülüyor), elde kalan 1 bir soldaki toplamaya katılır, bunun da sonucunda elde bir kalıyor, toplanacak başka sayı kalmadığından bu son 1 aşağı indiriliyor. En sonunda elektronik sistemler biner sayılarla yapılan hesaplamayı normal sayılara çeviriyor ve makinenin ekranında sonuç normal sayılar olarak beliriyor.

bilgiyi saklayabilen transistörlere gerek vardır. Sayı kaydırma sistemini anlamak için üstüste konulmuş küçük kutular düşünelim. Her kutuda siyah veya beyaz bir top bulunsun (0 veya 1'e karşılık olarak). Her kutunun altında bir kapı olsun ve bu kapı bir alttaki kutuya açılsın. Sayı kaydırma veya dekalaj yapmak her topu bir altındaki kutuya indirmek demektir. Eğer bütün kapıları aynı anda açarsak topların hepsi bir anda en alttaki kutuya düşecektir. Dekalaj yapmak için

önce en alttaki kutunun kapağı açılır ve buradaki top devreye akıp gider, sonra en alttaki kutunun alt kapısı kapatılıp üst kapısı açılır, bir üstteki kutudaki top bir kat aşağı iner. Sonra bu kutunun da alt kapısı kapatılıp üst kapısı açılır ve bu böyle gider, sonunda bütün toplar bir kat aşağı kaymış olur. Şu noktayı belirtelim ki her küçük kutu 0 veya 1 bilgisini saklayan bir hafıza gibidir, pratikte "akım geçer" veya "akım geçmez" bilgisi



AKIMLARI TOPLAMAK İÇİN ÜÇ "ANAHTAR" KAPI

Bir elektronik hesap makinesi yalnız toplama yapmasını bilir, toplama yapabilmesi için üç çeşit elektronik devre (veya kapı) gereklidir. VE KAPISI: Şekilde yarım ay biçiminde görülüyor. Burada elektronik elemanlar bir elektrik düğmesi gibi çalışır, her iki giriş telinde de akım varsa akımı geçirir, tellerin yalnız birinde akım varsa akımı geçirmez, her iki telde de akım yoksa yine akımı geçirmez (A ve B varsa C de vardır, A veya B varsa C yoktur, ne A ne B ise C yoktur). VEYA KAPISI: Şekilde üçgen biçiminde görülüyor. Buradaki yazıda sözü edilen inkluzif tipdeki veya kapısıdır.

Akımın geçmesi için A veya B'de veya hem A, hem B'de akım bulunması gerekir. Eksklüzif tipdeki veya kapılarının bundan farkı hem A, hem de B'de akım varsa akımın geçmemesidir. (Burada kapılar ters yönde bağlanmış diyot lambaları gibi çalışır). TERS ÇEVİRME KAPILARI: Şekilde daire biçiminde. Akım gelirse keser, akım yoksa başlatır (bu bakımdan triyot lambalarına benzer).

Bu üç çeşit kapı (port) yardımı ile mantıklı elektrik devreleri kurulabilir, bu devreler aritmetik işlemler yapabilir. Örneğin şekil sol yarımında görülen şema (ki yarım toplayıcı ismi ile anılmaktadır) iki sayıyı toplayıp sonucu ve elde kalanı verebilir. Diyelim ki A'dan 0, B'den 1 girsin. Ters çevirme kapısı A'daki 0'ı 1'e çevirir. 1 numara ile gösterilen VE KAPISI'na iki tane 1 gelmiş ve 1 çıkmıştır. B tersine çevrilip 0 olduktan sonra 2 No.'lu kapıya iki tane 0 gelmiş ve 0 çıkmıştır. 4 No.lu VEYA kapısına ise 1 ve 0 gelmiş ve 1 çıkmıştır. 3 No.lu kapıdan çıkan elde var sayısı 0'dır. Toplamının tam devresi üç girişli olmalıdır: toplamak üzere iki sayı girişi ve yarım toplayıcıdan bilgi getiren giriş. Şemamız iki yarım toplayıcıyı ve bir "HIÇ" devresini ihtiva eden tam bir sistemi gösteriyor.

Şimdi de yanık ampullerin 1'i ve sönmük ampullerin 0'ı temsil ettiği şemaya bakalım. En üst sırada 010110 sayısını temsil eden ampuller var. 011100'ü temsil eden akımlar devreye girip 010110 ile toplanıyorlar, en alt sırada 110010' u yani sonucu veren ampuller görülüyor.

saklanmaktadır. Transistörleri gruplaştırarak hafıza sistemleri elde edilir, bu sistemler iki muhtemel halden (akım geçer veya geçmez) birinde kalırlar. Bugün transistör ve kondansatörleri birlikte gruplaştıran bir diğer sistem kullanılmakta ve çok daha işe yaramaktadır, şöyle ki kondansatörün boş veya yüklü oluşuna göre transistör akım kesmekte veya geçirmektedir.

Buraya kadar söylediklerimizde bir ana faktörü ihmal ettik: zaman. Mantık, hafıza, kaydırma vs. devrelerinin birbirleri ile ahenkli çalışmaları için her işlemin zamanını ayarlayan bir orkestra şefine gerek vardır. Dekalajı örnek alalım: her bilginin bir kat aşağı inmesi çok belirli bir sıraya göre yapılmak zorundadır. Zaman faktörünü ayarlamak üzere self-kondansatör'lü bir titreşim (osilasyon) devresi bulunur, bu devre değişmez frekanslı bir dalgalı (alternatif) akım verir, daha sonra bu akım dikdörtgen biçimi dalgalara çevrilir ve bu dalgalar çok düzenli aralarla devrelere dağılır.

Bilginin bir noktadan diğerine belli bir zamanda ve tam zamanında gitmesini ve işlemlerin belli bir sıraya göre yapılmasını bu dalgalar düzenler. Aslında bir elektrik dalgasından ibaret her bilgi teller üzerinde bir trenin raylar üstünde koşması gibi koşar. En basit bir işlemde bile binlerce tel üzerinde akan binlerce bilgi söz konusudur, sanki birbirlerini kesen binlerce ray üzerinde hepsi de aynı zamanda harekete geçmiş binlerce tren koşmaktadır. Şunu da söyleyelim ki hiçbir tren bir diğer trene bindirmeyecek, hiçbir tren üstünde bir başka tren olan bir yola sapmayacaktır. Fransız Devlet Demiryolları (SNCF) gibi karmaşık ray şebekeleri olan yerlerde demiryolu tarifesi yapmanın ne kadar ince ve zor bir iş olduğunu bilenler bu işin ne denli dikkat

istediğini daha iyi anırlar. Tren saatlerinde yapılacak en ufak bir yanlışlık halinde bir saat geçmeden bütün tren trafiği duracak, raylar, vagonlar ve makaslar içiçe geçmiş halde bulunacaktır.

Elektrik dalgaları trenden çok daha hızlı yol aldığından (metal teller üzerinde saniyede 30.000 km.) işin önemi ortadadır, bir titreşim devresinin dalgaları sayesinde eşzaman (senkron) çalışma sağlanmasa hesap makinesi bir milisaniye geçmeden durur.

HESAP BİNER AMA TUŞLAR VE EKRANDA NORMAL SAYILAR VAR

Şimdi makineye bir ilkokul hesabı yaptıralım: $23 + 18$. Makinenin önce 2, sonra da 3 tuşuna basarsız, ekranda 23 belirir. Fakat bu, gözlerimizin zevki içindir, âlet kendi hafızasına 23 değil 0010 ve 0011 yazar ki biner hesapta 2 ve 3 demektir. Eğer 871 yazdırmış olsaydık âlet kendi hafızasına 1000, 0111 ve 0001 yazacaktı. Genellikle cep tipi elektronik hesap makinelerinin çoğunda makine kendisine verilen sayıları basit biner sayılara çevirmez (o zaman 23 yerine 10111 ve 871 yerine 1101100111 kullanılacaktı).

Âlet sayıların her basamağını biner olarak kodlayıp hafızasına geçirir, bu şekilde 23'ün biner karşılığı yerine 2 ve 3'ün biner karşılıkları hafızaya geçer. Buna DCB (décimal codé binaire) veya Türkçesi BOKD (biner olarak kodlanmış desimal) sistemi denmektedir. Verilen sayının her basamağı biner olarak yazılır, bu sistemde her biner sayının 4 basamaklı olması gerekir, bunun sebebi açıkça bellidir, yalnız üç basamakla yetinseydik 000'dan 111'e yani 0'dan 7'ye kadar olan sayıları kodlayabilecektik, oysa 8 yazmak

için 1000 gerekir, yani 4 basamağa gerek vardır, bundan başka 4 basamak kullanmakla 0000'den 1111'e yani 0'dan 15'e kadar sayıları ifade edebiliyoruz, ihtiyacımız 1'den 9'a kadar olan sayılar olduğundan elimizde 6 sayı fazla kalıyor, bu fazlalık işaretleri, virgülleri, üsleri ifade etmek için kullanılmaktadır.

Älete önce 23 yazmıştık, devam edelim. Şimdi de 1 ve 8 tuşlarına basarak 18 yazalım, elektronik dilde bu 0001 1000 demektir. Bundan sonra artı (+) tuşuna basarız. Älet sağdan başlayarak basamakları toplamaya başlar, yani önce 0011 ile 1000'i, sonra da 0010 ile 0001'i toplar, Her basamağın toplanmasında iki ihtimal belirir: 1) Toplam 9'dan küçüktür (yani 1001'den), bu takdirde älet bir soldaki basamağı toplamaya başlar. 2) Toplam 9'dan büyüktür (bu vakada olduğu gibi), bu takdirde älet toplama 0110 (yani 6) ilâve eder. Şimdi buna göre 18 ile 23'ü toplayalım, önce 8 ile 3 toplanacak: 1000 + 0011 = 1011. Sonuç 1011'dir ve bu, 9'dan büyüktür, 0110 ekleyelim: 1011 + 0110 = 10001. BOKD sistemi 4 basamakla çalışıyordu, sonuç ise 5 basamaklı oldu, älet o zaman sağdan itibaren 4 basamak alıp en soldaki sayıyı bir sonraki toplamaya geçirir, demekki 0001'i alakoyar ve 1'i verir. O zaman 2 + 1 toplamı şu şekli alır: 0010 + 0001 + 0001 = 0100. Sonuç olarak 0100 ve 0001 elde ettik, yani doğru sonuç olan 41'i bulmuş olduk.

Toplam 9'dan büyükse neden 6 ilâve ediyoruz? "Elde var bir"i biner sistemde ifade edebilmek için. 9'u geçen bir toplam en az 10, en çok 18 olabilir (9 + 1 ve 9 + 9 olarak). Normal sayılarla toplamada elde var bir demeye 10'dan itibaren başlıyoruz, biner sistemde ise elde var bir demeye 1111'den, yani 15'den itibaren başlıyoruz. 6 sayısı 15 ile 9 arasındaki farkı temsil etmektedir.

Bir de "3 sayı kaydırılmış BOKD" sistemi vardır. Bu sistemde her sayıya önce 3 eklenir, sonra elde edilen sonuç biner olarak yazılır. Demek ki 0 yerine 3, 1 yerine 4, 2 yerine 5 vs. kullanacağız. O halde: 0 = 0011, 1 = 0100, 2 = 0101 vs. Bu sistemin üstünlüğü şudur: sayılar 9/2 yani 4.5'a göre simetrikdir, örneğin 4.5'dan eşit uzaklıkta bulunan 4 ve 5 sayılarını alalım: 0111 ve 1000, ya da 3 ve 6'yı alalım: 0110 ve 1001, görüldüğü gibi 0'ların 1, 1'lerin 0 olduğu bir simetri söz konusudur. Elektronik hesap makinesi çıkartma işlemi yaparken bu sistemden yararlanmaktadır.

Elektronik beyinlerin hesap yapışı hiç de bizim okullarda öğrendiğimize benzemiyor, çok daha karmaşık, ne var ki makine bu işlemleri elektriğin hızı ile (30.000 km./saniye) yapmaktadır ve onun için bizden üstündür.

SCIENCE ET VIE'den
Çeviren: Dr. Selçuk ALSAN

GÜZEL SÖZLER

- *İnsanın kendini berbat hissetmesi mutlu olup olmadığına önem verecek kadar boş zamanı olmasından ileri gelir.*
Bernard SHAW
- *Baylar, gelin Allahaşkına, biz çok fazla önemsiz şeyler üzerinde durduk.*
PERİKLES (24 asır önce)
- *Romanın batmasının nedeni üzerine: "Hem çok konuştuk, hem de çok cahildik".*
CICERO
- *Kendini boşalt ve onunla dol!*
DELILLE
- *Kendisinden başka kimseyi görmeyen iyi görmez.*
A de MUSSET
- *Eğitimde hiç bir şey, cansız veriler halinde biriken cehaletin toplamı kadar şaşırtıcı değildir.*
Henry ADAMS