

# Canlı Saat: BALIK SAATI

*Bir tür balığı, saatteki kuvarsın yerine kullanırsanız bir balık saati elde edersiniz. Bu ilginç mekanizma gerçekleştirilmiş olup, 1983'de Nancy Fuar-sergi'sinde gösterilmiştir.*

Pierre ROSSION

**B**u ilk balık saatinin (ya da bir başka deyişle biyo-elektrikli saatin) mucidi Nancy'deki Henri Poincare Lisesi felsefe öğretmeni Andre Florion'dur.

Florion 1963 yılında, son derece düzenli elektrik sinyalleri yayma özelliğine sahip bir Afrika balığı olan jimnark (*gymnarchus niloticus*) hakkında bir yazı okuduğu zaman bu düşünce aklına geldi. Bu tarihten sekiz yıl sonra Florion, Francesfort'da bir satıcıda bulduğu bir jimnark balığını Paris'e getirdi ve bir osilograf yardımıyla, hayvanın son derece düzgün sinyallerini kontrol etti. Sinyallerin frekansı 300 Hz'di. Bu frekans, sternark gibi aynı türdeki diğer balıklardan daha düşüktür. Bu Güney Amerika balığının elektrik sinyalleri 2100 Hz'lidir. Kuvarlı klasik bir osilatörün frekansı ise 4.473.924 Hz'dir.

Sternark'ın kullanılması daha yüksek bir doğruluk derecesi verebilir, ama sinyallerini çok yakın bir mesafeye yaymasından dolayı, bu sinyalleri almak için küçük boyutu, dar ve uygunsuz bir akvaryum kullanılması gerekir ki bu da sakıncalıdır. Bu yüzden zorunlu olarak jimnark yeğlenir.

Bu balık ilk kez 1829'da Cuvier tarafından Teleosteenler ya da kemik iskeletli balıkların alt sınıfından Mormiriform grubundan bir balık olarak tanımlanmıştır. Jimnark, diğer Mormiriform'lardan bir çok özellikleriyle ayrılır: Akciğer görevi yapan bir yüzme kesesi, yüzgeç bulunmayan bir kuyruk organı, bütün vücut boyunca uzanmış bir sırt yüzgeci, daha farklı organize edilmiş bir beyin ve iç kulak, son olarak pelvis çemberi ve kık yüzgeci bulunmayışı.

Jimnark, solungaçlarla yaptığı solunumun yetersizliğini tamamlamak için, ortalama olarak saatte yedi kez su yüzüne çıkar ve yüzme keselerinde depo edilen yedek havayı yeniler.

Elektrikli balıkların elektrik sisteminin iki fonksiyonu vardır. Biri aktif elektrojenез (elektrik üretimi), diğeri pasif elektrosesepşyon (elektrik algılanması). Birincisi çevreye düzenli elektrik sinyali yayımı, iletişim jeneratörü; ikincisi bu sinyalleri toplama, bu bilgilerin büyük bir incelikle analiz edilme ve birleştirilmeleridir.

Elektrik üretimini, elektrojenез organları denilen, bo-



*Randevularınızı aksatmamak için balığı doyurmayı unutmayınız.*

ru biçiminde değişik uzunluklarda ikişerli olarak balığın arka kısmında, kuyruk kasları arasında öne doğru sıralanan organlar sağlar. Bunların her birinde yaklaşık 140 akım doğru organ hücre bulunur. Sinir bağlantısı omurilikten gelen ve elektrik yayım regülatörünü oluşturan ömürlük soğanındaki bir merkeze bağlı dört sinir demeti ile sağlanmıştır. 140 hücrenin hepsi birden, bu merkezce yönetilen bir düzen içinde, aynı anda elektrik boşalması yapar. Böylece, birim gerilimleri toplanarak bir kaç voltluk bir gerilim oluşturur. Bu gerilim son derece düzenli bir uyum içinde saniyede 300 salınım yapacak biçimde değişimlere uğrar.

EOD (Electric Organ Discharge) denen bu uyumlu elektrik yayımı, dalgalı biçimdedir; yani darbeler arasında kesiklik yoktur. Buna karşılık bir diğer Mormiriform olan fil balığı gibi bazı türlerde, elektrik yayımı nabız atışı şeklinde olup, darbeler birçok on milisaniyelik duraklamalarla ayrılmıştır.

Elektrik organlarının içinde arkadan balığın önüne doğru yönelen bu dalgalı akım, önden arkaya doğru akımı iletmek için yeterince iyon içeren ortam suyu arasından devreyi tamamlar. Böylece balığın çevresinde, gerçek bir periyodik elektrik alanı oluşur. Bu elektrik alanının amacı, balığa kendisini çevreleyen dünyayı, gündüz olduğu kadar gece de görmeyi sağlamasıdır. Gerçekten çevre ortamında rastlanılan her türlü cansız nesne (kaya gibi) ya da canlı (algler, balıklar).



çevredekı sudan farklı bir empedans gösterir. Sonuç olarak nesne, elektrik alanında, akım çizgilerini kötü ya da iyi iletkenliği ölçüsünde uzatıp dağıtarak, ya da kısaltıp yoğunlaştırarak bir farklılık oluşturur. Dolayısıyla, hayvanın vücut yüzeyinde, deri içi akım şiddetinde yerel bir değişime neden olur. Bu değişim, hayvanın derisini kaplayan elektro reseptör organlar tarafından hissedilir. Sayısı jimnark'ta yüzbin kadar olan, gövdenin ön kısmı ve başta daha yoğun bulunan bu elektro reseptörler, bir çeşit mikror retina rolü oynayıp hayvanın tüm vücudu ile görmesini sağlarlar.

Saatte, bu elektrik alanının değişimleri elektrodlar tarafından alınır, daha sonra bir elektronik devre ile sarkacı çalıştıran adım motorunu besleyen darbe akımına çevrilir. Bu darbelerin düzenliliği, kuvarsınki ile karşılaştırılabilir, şu farkla ki, kuvars bir pil ile beslenmeyi gerektirir, balığa ise yiyecek verimelidir, yoksa hayvan ölür ve saat durur. Kuvarslı bir saatte gerçekten kuvarsa giren titreşimli alternatif akım kristalin mekanik titreşim frekansına göre ayarlanır ve bunun sonucu mükemmel doğruluk ve düzenlilikte bir frekans ortaya çıkar.

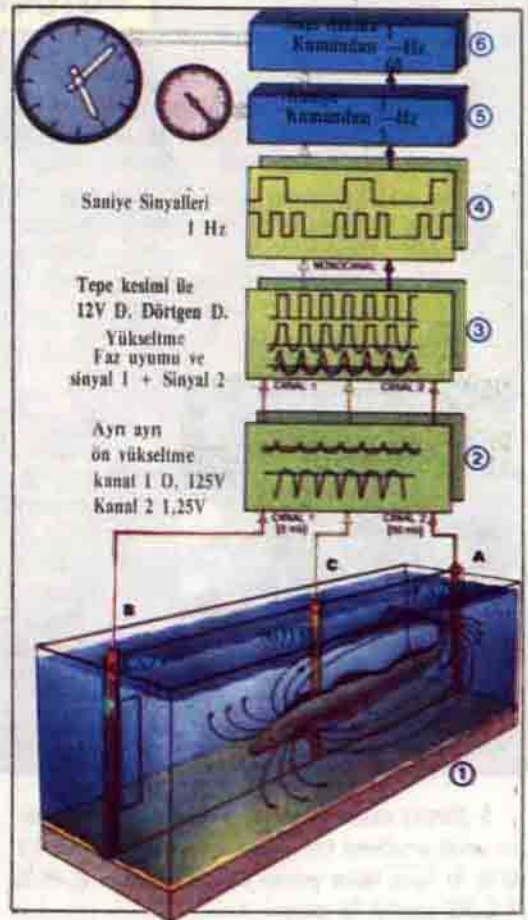
Florion modeli balık saatinizi kendi kendinize yapmak için en az 2,50 m uzunlukta büyük bir akvaryum kabı gereklidir, zira jimnark ergin yaşta ortalama 70 cm'lik boya ulaşır. Besinleri çamça balığı, sazan balığı gibi balıklardan ibarettir. Bundan sonrası için şemayı izlemek yeterlidir.

1. **ELEKTRİK SALINIMININ ALINMASI:** Akvaryuma dikey konumda daldırılmış üç elektrot, A, B, C elektrodları ile yapılır. C elektrotu nötr referans elektrodudur. Akvaryumun başındaki A elektrotu, sonundaki B elektrotu, ortadaki C elektrotu ile sürekli olarak balığın çevresini saran elektrik alanı dalgalanmalarını toplayan iki alım devresini belirlerler. Jimnark'ın akvaryumun ön veya arka kısmında ilerlemesine göre verdiği sinyaller daha ziyade AC (kanal 1) ya da BC (kanal 2) elektrot çiftleriyle tutulur. Çoğunlukla da her ikisi ile birden sinyal alınır.

2. **ÖN YÜKSELTEME (PREAMPLİFİKASYON):** Elektrodlar tarafından toplanan periyodik gerilim değişimleri zayıftır (Birkaç milivolt ile birkaç on milivolt arasında). Şu halde şekil ve frekanslarını değiştirmeksizin bir ön yükseltme yapılması gereklidir. Ön yükseltmenin kazancı 25 kattır, bu ise gerilim değişimlerini 1,25 volt (kanal 2 için) ve 0,125 volt (kanal 1 için)'a çıkarır.

Seçilen ön yükselteç (preamplifikatör) elektronik piyasasında çok görülen bir tip olup, bu amaçla klasik bir LM 381 entegre devresi kullanılmıştır.

3. **SİNYALIN İŞLEM GÖRMESİ:** Balığın hareketi, sürekli yönünün ve elektrodlara göre uzaklığının değişmesi toplanan sinyallerin öngörülemez ve aralıksız güçlenmesi ve zayıflaması nedenidir. Bu yüzden olabildiğince düzenli ve belli zamanlardaki sinyal zayıflamaları giderilmiş bir iletişim elde



etmek için, iki kanaldan sağlanan sinyallerin her an bir sentezinin yapılması zorunludur. Buna sinyalin işlem görmesi denilmiştir.

Bu işlem için eşlenik iki çift transistor (BC 548 ve 2N 2925) kullanılır. Burada zıt sinyaller aynı fazı duruma getirilir ve bu sinyaller toplanarak tek bir sinyale çevrilir. Daha sonra bu sinyalin dalga biçimi hemen hemen dikey yanlara (dikdörtgen dalga) sahip olacak biçimde güçlendirilir (yükseltilir). Son olarak bir ekretej (tepe kesilmesi) gerçekleştirilir ve lojik entegre devreler (C-MOS tipi) için gerekli olan 12 voltluk dikdörtgen sinyal durumuna getirilir.

4. **FREKANS BÖLÜNMESİ: "SANİYE SİNYALLERİ":** Bu montajın dördüncü aşaması, sinyal frekansının kendi frekansı kadar bir sayıya bölünerek 1 Hz'lik (saniyede bir) bir vuru (batman) frekansı elde edilmesi görevini yerine getirir.

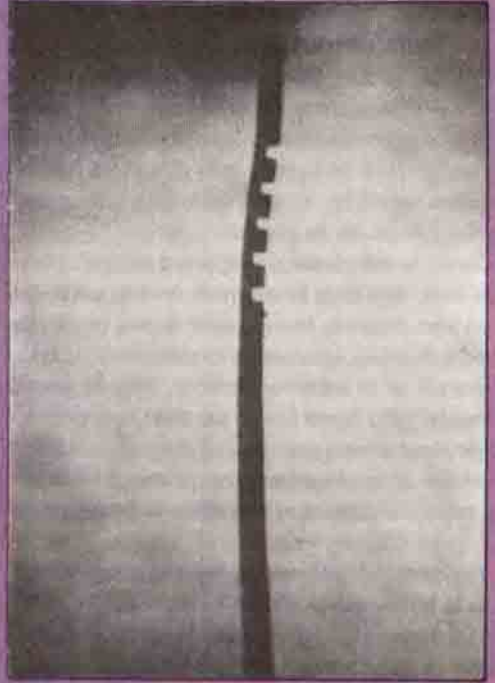
Bu frekans bölünmesi, darbe (impulsion) sayımı ve sırası gelince sıfıra getirilmesi ile yapılır. Bu işlemler arka arkaya bulunan ve onarlık sistemle yürüten (birtlik, onluk, yüzlük birimler) sayıcı (compteurs=counters) - şifre çözücü (decodurs=decoders) 4017 tipinde üç entegre devre ile yapılır.

## FOTOĞRAFIN DÜŞÜNDÜRDÜKLERİ

Geçen sayımızda yer alan bu fotoğraf (altta) saf altından yapılmış bir cismin 300 milyon kez büyütülmüş yüzeyini göstermektedir. Fotoğraftaki her çizgi bir atomsal "katmana" karşılıktır. 1983'de G. Binnig ve H. Rohrer isimli iki araştırmacı tarafından gerçekleştirilen bu tekniğin esası şöyledir: Sonsuz küçük bir boşlukla ayrılmış iki elektrod, cismin yüzeyini aydınlatan bir elektrik akımı üretir. İşte bu gerilim sayesinde, tipki bu altın atomları gibi, atomsal boyutlarda üç boyutlu görüntüler elde edilir.



Bu sayımızda yer verdiğimiz ve üzerinde düşünmenizi istediğimiz fotoğraf ise sağda görülen. Bakalım ne olduğunu bulabilecek misiniz?



5. **SANIYE GÖSTERGESİ KUMANDASI:** Saniye göstergesi saniye sinyallerini (tops) ikiye bölerek birbiri ardına 0,5 Hz'lik iki sinyal haline getiren bir entegre devre (C-MOS 74 C 90) aracılığı ile çalışır.

6. **DAKİKA VE SAAT GÖSTERGESİ KUMANDASI:** Frekans bölünmesi paragrafında söz konusu olan arka arkaya üç entegre devreden çıkan 1 Hz'lik frekansı bir başka entegre devre (gene 4017) 60'a böler ve röle aracılığı ile saatin

elektromıknatısına dakikada bir darbe (impulsion) sağlar.

Artık sıra "**balık saati**" nizin ayanını yapmaya gelmiştir. Saatiniz, jimnark'ın ortalama ömrü olan 15 yıl için güvencelidir.

Bahse gireriz ki pek azınız, kol saatine göre epeyce hacimli olan bir jimnark'a sahipsiniz. Bu yüzden Bay Florian'ı kutlamak gerekir.

Science et Vie' den Çev: Muammer KOÇAK

Jimnark adlı Afrika balığı, çevresindeki elektrik alanı değişimlerini algılayarak hem aydınlık, hem de karanlıkta "görebilir".

