

Trådlöst signalflaggsystem för fotbollsdomare

Examensarbete i Elektrisk Mätteknik

Besnik Sahiti och Emin Cimic

December 2012



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

Institutionen för Mätteknik och Industriell Elektroteknik

Lunds Tekniska Högskola

Handledare: Tomas Jansson

Examinator: Johan Nilsson

Sammanfattning

Syftet med detta examensarbete är att framställa ett trådlöst signalflaggsystem för fotbollsdomare. Ett signalflaggsystem är ett hjälpmedel för kommunikationen mellan domarna under en match. De två assisterande domare, båda utrustade med varsin linjeflagga, har möjligheten att skicka en vibrerande signal till huvuddomaren via ett knapptryck och på så sätt påkalla dennes uppmärksamhet. Tillvägagångssättet var att utveckla radiosändar-/mottagarmoduler vilka skulle implementeras i flaggor respektive en plastlåda. Egna kretskort tillverkades via etsning på institutionen och de olika komponenterna löddes fast. De väsentliga komponenterna för projektet var radiosändaren och mottagaren samt kodaren och avkodaren. Radiofrekvensbandet som systemet verkar på är det tillåtna 433 MHz bandet. Med hjälp av kodaren och avkodaren går det att parkoppla upp till sju flaggor till en mottagare, det finns även en funktion där minnet nollställs. Tack vare krypteringen erhålls inga störningssignaler från andra källor. En marknadsundersökning skickades ut till alla Skånes fotbollsdomare (530 st), med domare från elit-till distriktsnivå. Svarresponen var 42,4 %. Då ett sådant här system redan används i de allra högsta serierna i Sverige och internationellt så var tanken med detta projekt att systemet även skulle kunna brukas av domare i de lägre serierna. Marknadsundersökningen visade att den avgörande faktorn för domare med lägre behörighet var priset på ett signalflaggsystem. Det nuvarande är alldeles för högt för att tänkas gynnsamt. Därför skulle vårt system tillverkas på ett så förmånligt pris som möjligt.

Nyckelord: signalflaggsystem, fotbollsdomare, radiokommunikation, antennteknik, digitalkommunikation.

Abstract

The purpose of this master thesis was to develop a football referee paging flag system. A paging flag system is an appliance to facilitate the assessment of the game and to improve the communication between the referee and the assistant referees. The assistant referees are each equipped with a paging flag and the referee is equipped with a receiver, which vibrates when activated from a button push located on the flags. The system consists of two radio transmitters and a receiver implemented in two flags and one plastic box. Mode of procedure to build the system was to construct circuit boards through etching and then solder the components onto it. The essential parts of the system are the transmitter and receiver, together with the encoder and decoder. The operating frequency for the system was 433 MHz, which is an allowed band for amateur radio. Using the encoder and decoder it is possible to connect up to seven flags to one receiver due to a learn feature. These components also provide security encryption so that no outer sources of interference will interfere. Since the paging system already is being used in the highest divisions in Sweden and internationally, the aim was to examine how the system also could be used by referees in the lower divisions. A market survey was sent out to all of football referees in Skåne (530 persons). The result of the study was that the price for the existing paging system was too high to be considered significant for referees in the lower divisions. The principal conclusion was to examine how economically efficient the development cost of the system would be, so that it would be considered an option by all referees.

Keywords: referee paging flag system, radio communications, antenna theory, digital communication.

Förord

Vi vill tacka vår handledare Tomas Jansson för all hjälp och vägledning under hela projektet. Vi vill också tacka Fredrik Ejserholm och Christian Antfolk för deras råd och assistans under projektet. Ett stort tack även till de involverade doktoranderna på Institutionen för Mätteknik och Industriell Elektroteknik för deras hjälp. Vi vill även ge ett stort tack till RF ingenjörer på Sony Mobile för tips och råd. Slutligen vill vi tacka alla nära och kära som gett oss stöd under hela vår utbildning.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Abstract	3
Förord	4
1. Inledning.....	7
1.1 Historik.....	7
1.2 Syfte	7
2. Bakgrund	8
2.1 Radiokommunikation	8
2.1.1 Elektromagnetisk vågrörelse.....	9
2.1.2 Frekvensintervallet.....	10
2.1.3 Dataöverföringen	11
2.2 Antenner	11
2.2.1 Närfält och fjärrfält	12
2.2.2 Strålningsdiagram	14
2.2.3 Enheten decibel, dB	15
2.2.4 Antennvinst, direktivitet och effektivitet	16
2.2.5 Antennimpedans	17
2.2.6 Polarisering	18
2.2.7 Friis transmissionsformel.....	22
2.2.8 Olika typer av antenner	23
2.3 Modulering	24
2.3.1 Analog modulering	25
2.3.2 Digital modulering.....	26
2.3.3 Viktiga parametrar	30
2.4 Kretskortstillverkning.....	31
2.4.1 Metod 1 – Tonertransfer metoden.....	31
2.4.2 Metod 2 – Metod enligt institutionens riktlinjer	33
2.4.3 Metod 3 – Fräsning med CNC-maskin	35
3. Design och Specifikationer	37
3.1 Patentundersökning	37
3.2 Material	37
3.3 Manual för systemet.....	39
3.3.1 Parkopplingsproceduren	39
3.3.2 Indikator för batterinivå	39
3.3.3 Dataöverföringen	40
3.4 Domarnas anvisningar.....	41
3.4.1 Löpmönster och planstorlek.....	41
3.4.2 Assisterande domarens tecken	42
4. Utförande.....	45

4.1 Koppla system på kopplingsplatta.....	45
4.2 Design av kretskort.....	46
4.3 Tillverkning av kretskort.....	46
4.4 Inkapsling av mottagare och sändare	48
4.5 Tester/Analyser	51
4.5.1 Spektrumanalysator.....	51
4.5.2 Mottagaren	51
4.5.3 Sändaren.....	52
4.5.4 Test av fullständiga systemet.....	53
4.5.5 Batterilivslängden	53
4.5.6 Provmatch	54
4.6 Marknadsundersökning	54
4.7 Kostnadsförslag.....	55
5. Resultat och diskussion	56
5.1 Spektrumanalysator.....	57
5.2 Mottagare	58
5.3 Sändaren	59
5.4 Tester/analys.....	60
5.4.1 Räckvidd	60
5.4.2 Effektutstrålning	60
5.4.3 Batterilivslängd	61
5.5 Provmatch.....	63
5.6 Kostnadsförslag.....	65
5.7 Marknadsundersökning	66
6. Slutsats och framtidsutveckling	74
7. Bilagor.....	76
8. Referenser.....	87

1. Inledning

1.1 Historik

Rudolf Kreitlein är grundaren av det trådlösa signalflaggsystemet för fotbollsdomare. 1981 presenterade han sin innovation ”*Funk-Commander*” på the *International Trade Fair For Sports Equipment and Fashion (ISPO)* i München. Den internationella fotbollsorganisationen, FIFA, avvisade dock hans uppfinning med motiveringen av att ifall ett signalflaggsystem skulle införas så skulle en ändring ske globalt och tillämpas i samtliga länder och divisioner. Kostnaden för detta införande skulle vara alltför kostsamt för mindre länder och lag i de lägre divisionerna. Men 14 år senare anställde FIFA ett schweiziskt företag för tillverkningen av ett nytt signalflaggsystem vilket fortfarande används idag.

1.2 Syfte

- Tillverka ett trådlöst signalflaggsystem till ett ekonomiskt gynnsamt pris.
- Göra en marknadsundersökning bland Skånes fotbollsdomare för att undersöka efterfrågan av ett signalflaggsystem.
- Utföra diverse antenn och fältmätningar på systemet.
- Få övergripande kunskaper om radiokommunikation, antennteknik samt PCB tillverkning.

2. Bakgrund

2.1 Radiokommunikation

Definitionen av radiokommunikation är överföring av signaler i luft och i rymdens vakuum genom elektromagnetiska vågor. Elektromagnetiska vågor är en form av energi som avges och absorberas av laddade partiklar. De består både av elektriska (E) och magnetiska (B) fält och kan beskrivas med Maxwells Gauss ekvationer för de elektriska och magnetiska fälten, se bilaga 1. Dessa två fält är tvärgående vågor som oscillerar i fas, vinkelräta mot varandra och mot vågutbredningen vilket kan ses i bild 1. [20][22]

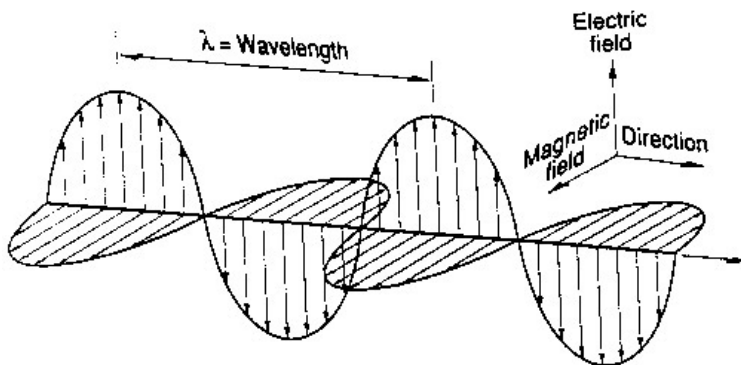


Bild 1: Vågutbredningen sker från vänster till höger. Magnetiska fältet förökar sig horisontellt och det elektriska fältet vertikalt. [51]

Ett radiokommunikationssystem består av en sändare och en mottagare, där vardera nyttjar en antenn för att skicka eller ta emot radiosignaler med. Informationen omvandlas till en elektrisk signal, moduleras och därefter skickas genom ett medium i utrymmet på en elektromagnetisk våg. Sändaren består av en källa med elektrisk energi som producerar växelström med en önskad oscillationsfrekvens, t.ex. en kristalloscillator. Genom att egenskaperna hos en sådan vibrerande kristall, av piezoelektriskt material, tillämpas så att den mekaniska resonansen

används genereras därmed en elektrisk signal. Därefter moduleras den producerande energin genom Amplitud-, Frekvens- eller Fasmodulering. Den modulerade elektriska energin omvandlas till elektromagnetiska vågor genom antennen och skickas ut i luften. Då radiovågorna sprids genom luften finns risken att de blir påverkade genom bland annat reflektion, refraktion, diffraktion eller polarisation. Atmosfären har också en inverkan på spridningen av radiovågor genom förändringar av vattenånga i troposfären och joniseringen i de övre lagren av atmosfären på grund av solen. Detta är olika moment som leder till störningar och brus vilka inverkar negativt på den utsända signalen. Är störningarna av tillräckligt hög nivå blir signalen svår att urskilja för mottagaren. Vid mottagarsidan uppfångas den skickade elektromagnetiska vågen av mottagarantennen som är inställd att ta emot signaler för en specifik frekvens och undertrycka oönskade signaler. Energin omvandlas till elektriska strömmar och därefter demoduleras signalen för önskad användning. [19][21][23]

2.1.1 Elektromagnetisk vågrörelse

De två viktigaste begreppen för att beskriva en elektromagnetisk vågrörelse är frekvensen och våglängden. Frekvensen, f , är antalet upprepane svängningar under ett givet tidsintervall. En svängning betyder då vågens energi går från topp- till bottenvärdet och tillbaka. Enheten för frekvens är Hertz, Hz, och betecknar antalet svängningar per sekund under ett specifikt tidsintervall. Våglängden, λ (lambda), kan mätas som avståndet mellan två punkter, med samma fas, på samma återkommande position på vågen. Enheten för våglängd är meter, m. Produkten mellan dessa två storheter ger hastigheten, v , för elektromagnetisk strålning i meter/sekund, enligt ekvation 1.

$$v = f \cdot \lambda \quad \text{[Ekvation 1]}$$

Då hastigheten för elektromagnetisk strålning i vakuum definieras som ljusets hastighet, c , fås ekvation 2. [21][22]

$$c = f \cdot \lambda \quad [\text{Ekvation 2}]$$

2.1.2 Frekvensintervallet

Frekvensintervallet för radiovågorna ligger mellan ca 3 kHz till 300 GHz, dvs. långt under intervallet för synligt ljus vilket kan ses i bild 2. Hastigheten i vilken de färdas i baseras på de elektriska och magnetiska egenskaperna hos ett medium. I vakuum är de lika stora och därmed utbredds elektromagnetisk strålning vid en karakteristisk hastighet, ljusets hastighet, som är 299 792 458 m/s. Strålningen utbreder sig långsammare för andra medier. En bra egenskap till varför elektromagnetiska vågor används för radiokommunikationer är för att de kan färdas mellan långa avstånd genom atmosfären med minimal dämpning pga. absorption eller spridning. [20]

En global standard är 433 MHz bandet som är licensfritt och kan användas för ospecificerade tillämpningsområden. Den ligger inom Ultra High Frequency, UHF, bandet. Bandbredden är mindre än 2 kHz vilket medför att applikationer så som ljud, video och röst normalt inte är tillåtet. Detta begränsar användningen till enkla trådlösa fjärrstyrningssystem.

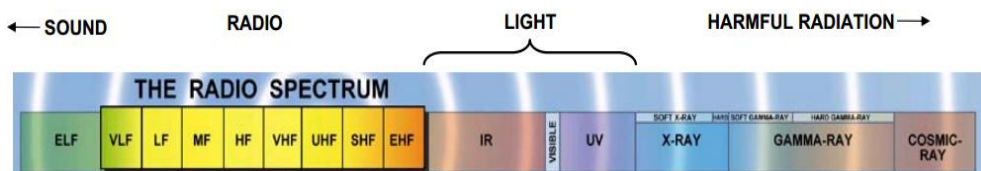


Bild 2: Elektromagnetiska spektrumet. [52]

2.1.3 Dataöverföringen

Informationsöverföringen kan ske genom både simplex och duplex kommunikation. Ett simplex system skickar sina signaler åt endast ett håll, se bild 3. Användningsområdet är broadcast sändningar där mottagaren inte behöver skicka signaler tillbaka till sändaren. Duplex kommunikation delas in i två grupper; half-duplex och full-duplex, se bild 3. Half-duplex system kan endast skicka signaler åt en riktning åt gången. Walkie-talkie kommunikation är ett exempel på ett half-duplex system. För att kunna skicka data åt båda riktningarna samtidigt krävs ett *full-duplex* system. Vanligaste användningsområdet är telefoni\mobiltelefoni. [18]

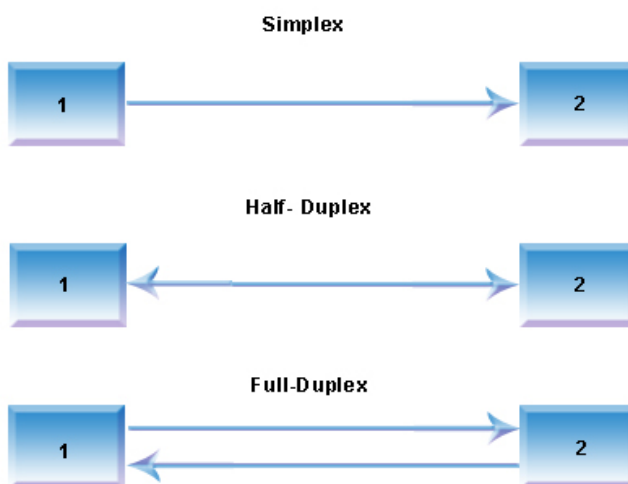


Bild 3: Simplex och duplex dataöverföring. [62]

2.2 Antenner

En antenn är en av de viktigaste beståndsdelarna i ett radiosystem. Den behövs vid både sändar- och mottagarsidan. Vid överföring omvandlar antennen elektriska strömmar till elektromagnetiska vågor, s.k. radiovågor, som sänds ut. Mottagarantennen tar emot radiovågorna och omvandlar dem tillbaka till elektriska strömmar. För att ta reda vilken längd på antennen

som skall användas behöver några enheter vara kända. Enligt ekvation 2 kan våglängden, λ , beräknas genom kvoten av ljusets hastighet, c , och frekvensen, f . Därefter kortas längden ner beroende på antenntypen som tillämpas, t.ex. halvvåg eller kvartsvåg. För att kompensera för utbredningshastigheten bör antennen kortas ned med cirka 10 %. Nedan beskrivs och definieras några viktiga begrepp och parametrar inom antenntekniken. [11][12][14]

2.2.1 Närfält och fjärrfält

De elektromagnetiska fälten som genereras av en sändarantenn kan indelas i tre huvudsakliga fält, se bild 4. Fälten närmast antennen kallas för reaktivt samt strålände närfält och fältet på ett avstånd från källan betecknas för fjärrfält.

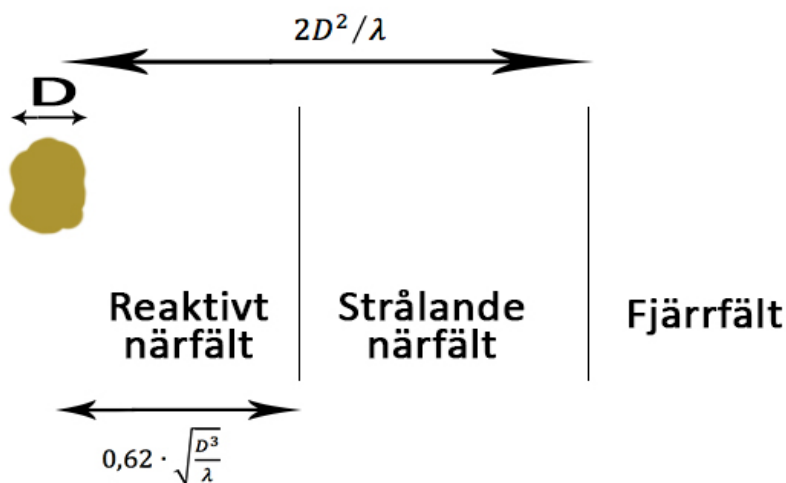


Bild 4: Elektromagnetiska fält som genereras av en strålände antenn. [62]

Fjärrfältet är de mest betydelsefulla området då formen av antennens strålningsdiagram (se avsnitt 2.2.2) bestäms utifrån detta. Formen på strålningsdiagrammet ändrar inte form på grund av avståndet. För att veta

vart gränsen för fjärrfältet går definieras tre villkor som alla måste vara uppfyllda:

$$R > 2D^2/\lambda \text{ [Ekvation 3]} \quad R \gg D \text{ [Ekvation 4]} \quad R \gg \lambda \text{ [Ekvation 5]}$$

Ekvation 3 definierar gränsen mellan de två närfälten och fjärrfältet. Begreppet bär namnet Fraunhofer regionen där D är maximala dimensionen av antennen, λ är våglängden för radiovågen och R är avstånden från antennen. Fjärrfältet domineras av strålade fält där elektriska och magnetiska fält är ortogonala mot varandra samt att utbredningsriktningen uppför sig i enlighet med plana vågor. Utifrån ekvation 3 och ekvation 4 säkerställs det att den utstrålade effekten i en viss riktning från olika delar av antennen är ungefär parallell, bild 5, vilket visar att fälten i fjärrfältet uppför sig som plana vågor. [13][15][16]

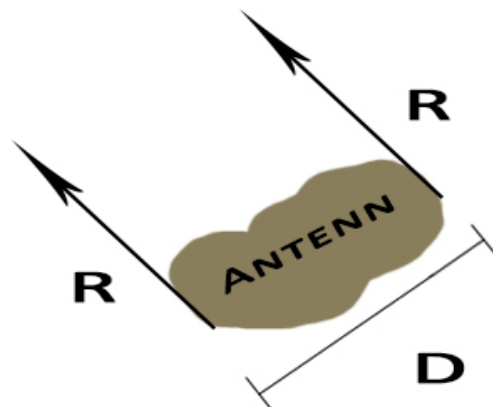


Bild 5: Strålarna från olika delar av antenn uppför sig parallellt i fjärrfältet. [62]

Nära en strålade antenn förekommer huvudsakligen reaktiva fält, vilka är elektriska och magnetiska fält ur fas och 90 grader mot varandra. Ekvation 5 försäkrar att dessa fält har dämpats fullständigt och att endast strålade fält återstår. Gränsen för detta område är $R = 0,62 \cdot \sqrt{D^3/\lambda}$. Emellan

reaktiva närfältet och fjärrfältet uppkommer det strålande närfältet där strålande fälten växer fram. [13]

2.2.2 Strålningsdiagram

Ett strålningsdiagram definierar variationen av effekt som utstrålas från antennen som funktion mot riktningen bort från antennen. Denna effektvariation observeras i fjärrfältet och ger en bild av i vilka riktningar antennen strålar. Ett exempel på ett 3D strålningsdiagram från en kvartvåglängdsantenn kan ses i bild 6.

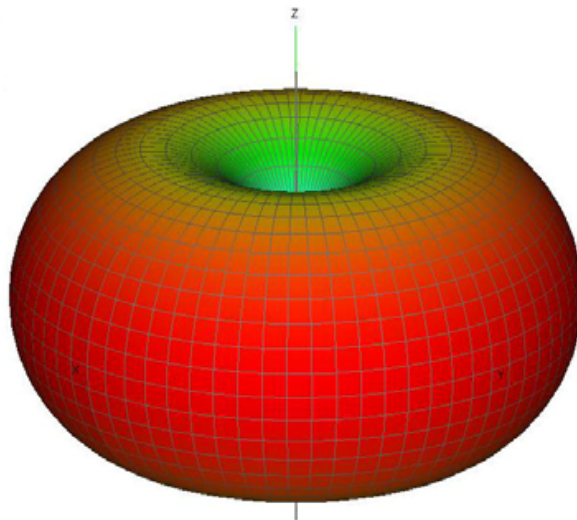


Bild 6: Ett strålningsdiagram som visualiserar vilka riktningar en $\lambda/4$ antenn strålar. [53]

En antenn kan inte konstrueras så att den strålar lika mycket åt alla håll. Antennen i strålningsdiagrammet är placerad längst med z-axeln och det går att urskilja att strålningen är maximal i horisontell riktning medan ovanför och underifrån antennen går strålningen mot noll. Strålningen ut från olika delar av antennen interfererar med varandra i vissa riktningar. Detta leder till att det blir minimal utstrålning i de riktningar där radiovågorna hamnar ur fas och maximal strålning ut där vågorna är i fas. Ett annat sätt att representera utstrålningen från en kvartsvågsantenn är via

ett polärt strålningsdiagram, bild 7 vänster. Lober framvisar maximal strålning separerat med nollställen där strålningen går ner mot noll. Ju längre längden på antennen är jämfört med våglängden desto mer lober visar diagrammet. Huvudloben symboliserar loben med maximal fältstyrka i en viss önskad riktning medan sidloberna vanligtvis visar strålning i oönskade riktningar. Antennen är placerad längst positiva sidan av x-axeln, 0°. En alternativ representation av ett polärt diagram är rektangulärt strålningsdiagram, bild 7 höger. [16][17]

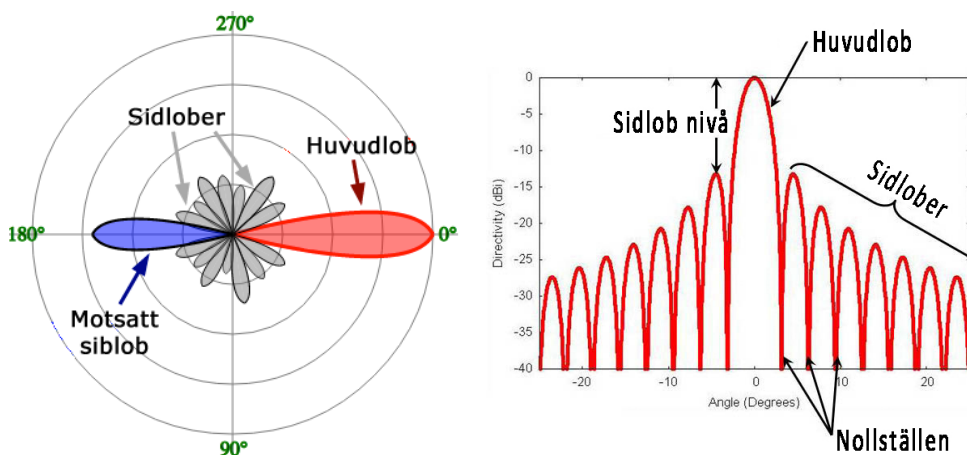


Bild 7: Ett polärt (vänster) och rektangulärt (höger) strålningsdiagram. [54]

2.2.3 Enheten decibel, dB

Decibel, dB, är en logaritmisk skala som används för att visa effektvinst eller förlust i en RF-krets och definieras enligt ekvation 8. +3 dB motsvarar en fördubbling av uteffekten. Det krävs +6 dB för att fördubbla utstrålningsavståndet. Enheten Decibel används som referensvärde inom väldigt många områden, för antennmätningar används suffixen dBi och dBd. Enheten dBi avser förstärkningen i förhållande till en isotropisk strålningskälla, som fördelar energin lika mycket i alla riktningar. Förstärkningen i förhållande till en halvvågs dipolantenn beskrivs av enheten dBd, där 0 dBd är 2,25 dBi. [13][17]

2.2.4 Antennvinst, direktivitet och effektivitet

Antennvinst är en storhet som kombinerar antennens direktivitet och elektrisk effektivitet. För sändarantennen beskriver storheten hur bra antennen omvandlar ineffekten till radiovågor i en viss strålningsriktning och samma metod fast omvänt gäller för en mottagarantenn. Definitionen av antennens direktivitet, D , definieras enligt ekvation 6.

$$D = 4\pi \frac{U_{max}}{P_r} = \frac{\langle S(r,t) \cdot \hat{r} \rangle_{max}}{P_r / (4\pi r^2)} \quad [\text{Ekvation 6}]$$

där $\langle S(r,t) \cdot \hat{r} \rangle_{max}$ beskriver den maximala effekttäthet på ett avstånd, r , från antennen. Direktiviteten mäter den utstrålade effekttätheten åt den starkast radierade riktningen jämfört med en ideal isotropisk källa med samma uteffekt. Vidare definieras antennvinsten, G , enligt ekvation 7.

$$G = \frac{\langle S(r,t) \cdot \hat{r} \rangle_{max}}{P_{in} / (4\pi r^2)} \quad [\text{Ekvation 7}]$$

där P_{in} är totala inmatade effekten i antennen. Vanligtvis uttrycks antennvinst i enheten decibel och refereras till suffixet dBi. En antenn med en antennvinst på +3 dB betecknar att den mottagna effekten är fördubblad jämfört med en förlustfri isotropisk antenn med samma ingångseffekt. För effekter kan omvandlingsformeln enligt ekvation 8 användas.

$$dB = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_{ut}}{P_{in}} \quad [\text{Ekvation 8}]$$

Sambandet mellan antennvinst, G , och direktivitet, D , är definierat av ekvation 9.

$$G = \epsilon_R \cdot D \quad [\text{Ekvation 9}]$$

där ϵ_R betecknar antenneffektivitet genom kvoten av den utstrålade effekten mot ineffekten enligt ekvation 10.

$$\epsilon_R = \frac{P_{ut}}{P_{in}} \quad [\text{Ekvation 10}]$$

Antenneffektivitet är ett mått på de elektriska förlusterna som förekommer i en antenn. [10][13]

2.2.5 Antennimpedans

Impedans avser förhållandet mellan spänningen och strömmen vid ingången till antennen. Den reella delen av impedansen representerar den effekt som antingen är utstrålad eller upptagen av antennen. Den imaginära delen uttrycker den icke strålade effekten som förekommer i närfältet. Begreppet VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) införs och är ett mått på hur väl matchad en antenn är. Den definieras som kvoten mellan amplituden av en partiell stående våg i sitt maximum i förhållande till amplituden i minimum. Ekvationen för VSWR uttrycks enligt ekvation 11.

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad [\text{Ekvation 11}]$$

VSWR är en funktion av reflektionskoefficienten, Γ , som beskriver effekten som reflekteras från antennen och definieras enligt ekvation 12.

$$\Gamma = \frac{V^-}{V^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad [\text{Ekvation 12}]$$

Där Z_0 är en karakteristisk impedans fäst vid en belastning med impedansen Z_L , vilket kan illustreras i bild 8.

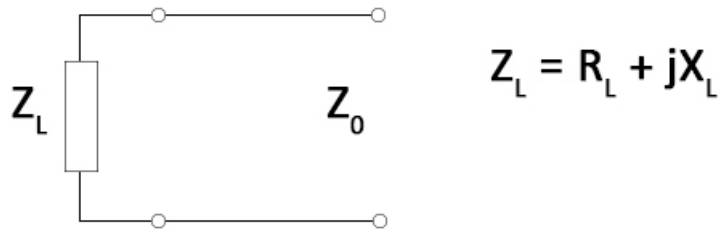


Bild 8: Transmissionsledning med karakteristisk impedans Z_0 fäst vid en last med impedans Z_L [62]

VSRW är alltid ett positivt och reellt tal för antenner och har den minimala begränsningen vid talet 1,0. Vid ett VSWR på 1,0 sker ingen reflektion av effekten från antennen, vilket är idealt. Därmed eftersträvas ett så lågt värde på VSWR så möjligt, vilket ger en bättre matchning av antennen mot transmissionsledningen och desto mer ström levereras till antennen. [13]

2.2.6 Polariserering

Polarisering är ytterligare en viktig egenskap inom antenntekniken. För att förstå antennpolarisation måste först polarisation av plana vågor förklaras.

2.2.6.1 Polarisering av plana vågor

En plan elektromagnetisk våg kännetecknas av att de elektriska och magnetiska fälten som är ortogonala mot utbredningsriktningen för den plana vågen och mot varandra. Betrakta enfrekvens E-fältet i ekvation 13, där utbredningsriktningen för fältet är i positiv z-riktning, E-fältet i positiv x-riktning och B-fältet i positiv y-riktning. Enhetsvektorn \hat{x} anger att E-fältet pekar i x-riktningen.

$$E = \cos\left(2\pi f\left(t - \frac{z}{c}\right)\right) \cdot \hat{x} \quad [\text{Ekvation 13}]$$

E-fältet som funktion av tiden för en plan våg med utbredningsriktningen i z-axeln presenteras i diagrammet, bild 9.

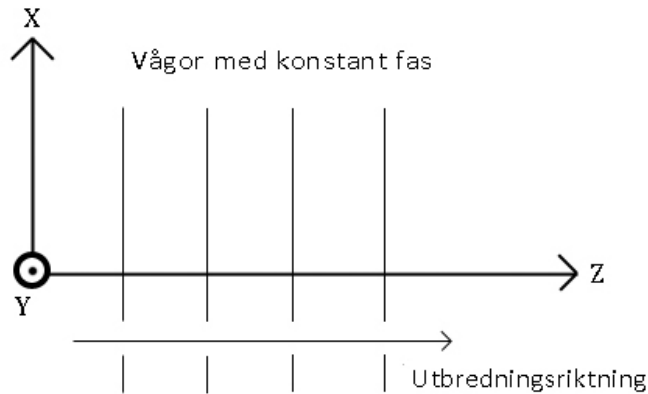


Bild 9: E-fält som funktion av tiden för en plan våg. [62]

Med hänsyn av ekvation 13 är amplituden för E-fältet plottad vid olika tidpunkter i bild 10. Vad som kan urskiljas är att E-fältet oscillerar fram och tillbaka i storlek längst med x-axeln under en viss tid. Då rörelsen endast sker längst en enda linje är detta fält linjärt polariserad. Ifall x-axeln är parallell med marken blir fältet horisontellt polariserad. Vertikalt polariserad blir fältet då den är orienterad längs med y-axeln.

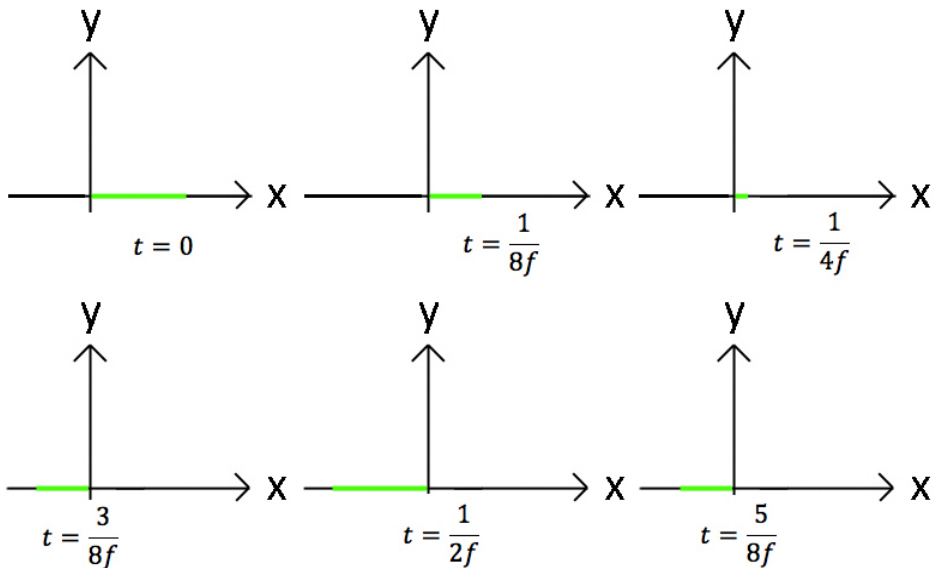


Bild 10: Observation av E-fältet vid olika tidpunkter av en linjärt polariserad våg. [62]

Representeras istället E-fältet genom ekvation 14, där x- och y-komponenterna är 90° ur fas kan följande diagram erhållas, bild 11. Då fältet nu roterar i en cirkel beskrivs detta som en cirkulärt polariserad våg.

$$E = \cos\left(2\pi f\left(t - \frac{z}{c}\right)\right)\hat{x} + \sin\left(2\pi f\left(t - \frac{z}{c}\right)\right)\hat{y} \quad [\text{Ekvation 14}]$$

För att en våg ska vara cirkulärt polariserad måste den uppfylla följande tre villkor:

1. E-fältet måste bestå av två ortogonala komponenter.
2. E-fältets ortogonala komponenter måste ha samma storlek.
3. De ortogonala komponenterna måste vara 90° ur fas.

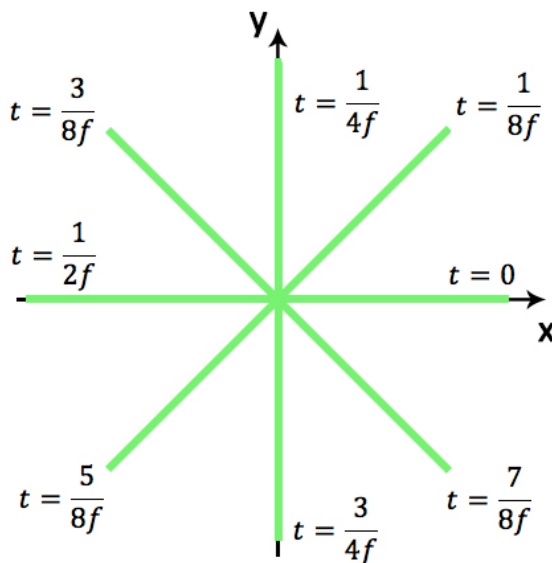


Bild 11: Observation av E-fältet vid olika tidpunkter av en cirkulärt polariserad våg. [62]

Då ortogonala komponenter är 90° ur fas men inte av samma storlek blir fältet elliptiskt polariserat och kan beskrivas med ekvation 15. En grafisk representation av en elliptisk polariserad våg visas i bild 12.

$$E = \cos\left(2\pi f\left(t - \frac{z}{c}\right)\right)\hat{x} + 0,3 \cdot \sin\left(2\pi f\left(t - \frac{z}{c}\right)\right)\hat{y} \quad [\text{Ekvation 15}]$$

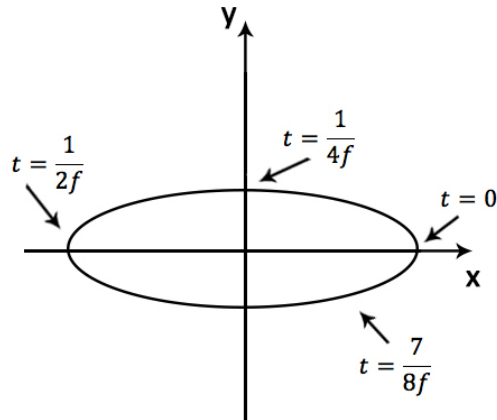


Bild 12: Observation av E-fältet vid olika tidpunkter av en elliptiskt polariserad våg. [62]

Vad som kan observeras är att både linjärt och cirkulärt polariserade vågor är ett specialfall av elliptisk polarisation. För att förklara detta införs begreppet excentricitet som är förhållandet mellan maximum- och minimumamplituden för axlarna. Till exempel är excentriciteten för ekvation 15 betraktat i ekvation 16.

$$\frac{\max A_x}{\max A_y} = \frac{1}{0,3} = 3,33 \quad [\text{Ekvation 16}]$$

En elliptiskt polariserad våg med oändlig excentricitet är en linjärt polariserad våg och med en excentricitet på 1,0 symboliseras istället en cirkulärt polariserad våg.

2.2.6.2 Antennpolarisering

Polarisationen hos en antenn är den polarisering av strålfälten som produceras av en antenn i fjärrfältet. En mottagarantenn tar endast emot signaler med den polarisering som sändarantennen besitter, enligt reciprocitetssatsen. Satsen beskriver förhållandet mellan de producerade elektromagnetiska fälten och den elektriska flödestätheten enligt Maxwells ekvationer, bilaga 1. Det vill säga att en horisontellt polariserad antenn som försöker att kommunicera med en vertikalt polariserad antenn inte kommer

att få någon signal då en antenn endast skickar och mottar med överensstämmande polarisation. Detta fenomen definieras under namnet polarisationsmissanpassning. Polariseringsförlust faktorn, Polarization Loss Factor (PLF), introduceras enligt ekvation 17, där två linjärt polariserade antenner, roterade från varandra med vinkeln, θ , symboliserar effektförlusten genom polarisationsmissanpassningen.

$$PLF = \cos^2(\theta) \quad [\text{Ekvation 17}]$$

Vinkeln mellan linjärt polariserade antenner har stor betydelse för effektförlusten. Då en vinkel på 90° leder till maximal effektförlust av utsända signalen medan vinkeln 0° uppvisar minimal effektförlust. Cirkulärt polariserade antenner kommer inte påverkas av polarisationsmissanpassning vilket är en väldigt eftertraktad egenskap då effektförlusten minimeras. Då en linjärt polariserad antenn mottar en cirkulär polariserad våg kommer PLF värdet vara 0,5 (-3 dB) oavsett mot vilken vinkel den linjärt polariserade antennen vrids till. En cirkulär polariserad våg består av två ortogonala linjärt polariserade vågor vilka är 90° ur fas. Därför kommer en linjärt polariserad antenn enbart motta de komponenter av den cirkulärt polariserade vågen som ligger i fas. [13][17]

2.2.7 Friis transmissionsformel

Friis transmissionsformel, ekvation 18, definierar skickad och mottagen effekt till varandra mellan två antenner på ett avstånd där de ligger inom varandras fjärrzoner och dessutom är polarisationsanpassade. Detta är en av de mest grundläggande ekvationerna inom antenntekniken.

$$P_M = \frac{P_S G_S G_M \lambda^2}{(4\pi R)^2} \quad [\text{Ekvation 18}]$$

P_S är utsänd effekt, P_M är mottagen effekt, G_S är antennvinst hos sändarantennen, G_M är antennvinst hos mottagarantennen, λ är våglängden och R är avståndet mellan antennerna. Genom sambandet mellan våglängd och frekvens erhöles en omformulering av formeln, ekvation 19.

$$P_M = \frac{P_S G_S G_M c^2}{(4\pi R f)^2} \quad [\text{Ekvation 19}]$$

Det som kan betraktas i ekvationen är att ju högre frekvensen är desto större blir den mottagna effektförlusten. I det fallet då antennerna inte är polarisationsanpassade kan ekvationen anpassas genom att inkorporera PLF faktorn vilket ger ekvation 20. [10][13]

$$P_M = \frac{P_S G_S G_M c^2}{(4\pi R f)^2} \cdot (PLF) \quad [\text{Ekvation 20}]$$

2.2.8 Olika typer av antenner

2.2.8.1 Dipolantenn

En dipolantenn är en radioantenn som kan konstrueras av två trådar som i mitten är kopplade till vanligtvis en koaxialkabel, bild 13. Trådarnas längd är anpassad efter den våglängd som vill användas för att sända och motta på. För en optimal halv vågsdipolantenn ska den sammanlagda längden av trådarna motsvara en halv våglängd eller en jämn multipel av en halv våglängd. Dipolantenner är ett bra val för system som använder sig av låga frekvenser så att längden av antennen inte blir för stor.

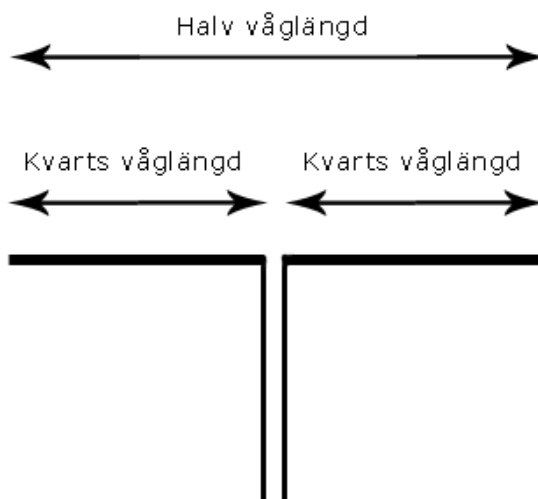


Bild 13: Den grundläggande utformningen för en dipolantenn. [62]

2.2.8.2 Monopolantenn

En monopolantenn är halva dipolantennen som nästan alltid är monterad ovanför ett jordplan. Ett system, som arbetar på en hög frekvens och inte har ett stort utrymme för en lång antenn, kan istället använda sig av en kvartsvågs antenn. En kvartsvågsantenn kan vara uppbyggd av endast ett ledande element där längden är en fjärdedel av våglängden för den specifika frekvensen vilket minimerar antennlängden betydligt. [13][17]

2.3 Modulering

Modulering kallas tekniken att överlagra meddelandesignalen ovanpå en bärvåg och detta sker på sändarsidan. Då ett meddelande skall skickas är bärvågen ett transportmedel, som har i uppgift att transportera meddelandet över ett medium från sändare till mottagare. På mottagarsidan sker demodulering av den modulerade signalen som mottagits, där bärvågen avlägsnas och kvar finns det ursprungliga meddelandet. Bärvågen är en ren sinus signal enligt ekvation 21.

$$c(t) = A_c \cdot \cos(\omega_c t + \theta_c(t)) \quad [\text{Ekvation 21}]$$

där A_c är amplituden, $\omega_c = 2\pi f_c$ där f_c är bärvågsfrekvensen och θ_c är fasen. [23][33]

Elektromagnetisk teori beskriver att överföring av elektrisk energi från en antenn sker enligt $c = f \cdot \lambda$. Att skicka en lågfrekvent signal kräver en stor antenn. För effektiv överföring moduleras den lågfrekventa signalen, vilket medför att den överförs till ett högre frekvensområde. Detta resulterar i radikalt mindre antennstorlekar. Det finns olika typer av modulerings tekniker och de är indelade i två grupper; analog modulering och digital modulering. [23][33]

2.3.1 Analog modulering

2.3.1.1 Amplitud Modulering, AM

AM är den enklaste formen av modulering och även den mest kostnadseffektiva att konstruera. Processen är att variera den momentana amplituden hos bärvågssignalen analogt med den momentana amplituden hos meddelandesignalen. Om $m(t)$ är meddelandesignalen och bärvågen definieras av ekvation 21, så skrivs AM signalen $F(t)$ enligt ekvation 22. [35]

$$\begin{aligned} F(t) &= A_c \cdot \cos(\omega_c t) + m(t) \cdot \cos(\omega_c t) \Leftrightarrow \\ F(t) &= [A_c + m(t)] \cdot \cos(\omega_c t) \end{aligned} \quad [\text{Ekvation 22}]$$

2.3.1.2 Frekvens Modulering, FM

Skillnaden mot AM är att frekvensen hos bärvågssignalen varieras istället för amplituden. På så sätt blir FM signalen $F(t)$ enligt ekvation 23. [35]

$$F(t) = A_c \cdot \cos(\omega_c t + k_f \int m(a) da) \quad [\text{Ekvation 23}]$$

2.3.1.3 Fas Modulering, PM

I fallet med PM varieras fasen hos bärvågssignalen och PM signalen $F(t)$ blir då enligt ekvation 24. [35]

$$F(t) = A_c \cdot \cos(\omega_c t + k_p m(t)) \quad [\text{Ekvation 24}]$$

2.3.2 Digital modulering

2.3.2.1 Amplitude Shift Keying, ASK

ASK är en digital moduleringsteknik som representerar digital data som amplitudvariation hos en bärvåg. I ASK hålls frekvensen och fasen hos bärvågen konstanta. I binär ASK representerar en 1:a en standardbärvåg medan en 0:a representerar en bärvåg med 0 amplitud, se bild 14. Denna typ av ASK kallas 100% ASK eller on-off keying och är den mest grundläggande typen av ASK. Procentenheten definierar hur mycket amplituden reduceras. ASK är en linjär moduleringsteknik som har bra spektraleffektivitet men låg energieffektivitet. Den är den mest kostnadseffektiva tekniken som kräver väldigt lite bandbredd men den är också den teknik som är mest känslig för brus. [23][24][29][32][33][35]

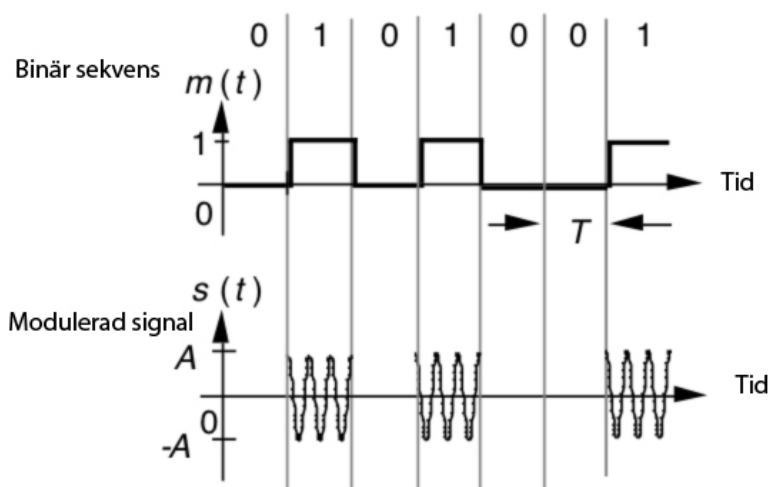


Bild 14: ASK modulering. [55]

En binär ASK signal definieras enligt ekvation 25. [23]

$$s(t) = A \cdot m(t) \cdot \cos(2\pi f_c t) \quad 0 < t < T \quad [\text{Ekvation 25}]$$

där A är en konstant amplitud, $m(t) = 1$ eller 0, f_c är bärvågsfrekvensen, och T är periodtiden. Bandbredden för ASK definieras av ekvation 26. [23] [33]

$$B = \frac{2}{T} \quad [\text{Ekvation 26}]$$

2.3.2.2 Frequency Shift Keying, FSK

I FSK överförs data genom ändring av frekvensen hos en bärvåg. Den ena frekvensen, f_1 svarar binärt mot en 1:a och den andra frekvensen, f_2 svarar mot en 0:a, se bild 15. f_1 och f_2 benämns som "märke"- respektive "rymd" frekvens. Märkfrekvensen är normalt större än rymdfrekvensen. [24][29][33][34][36]

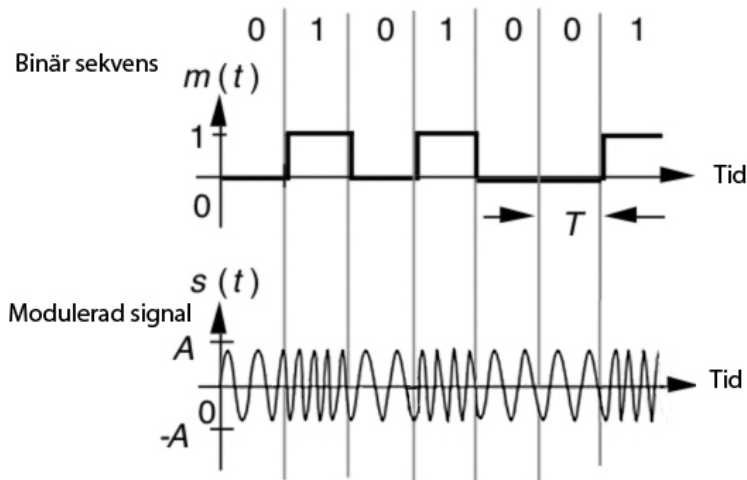


Bild 15: FSK modulering. [56]

FSK kräver större bandbredd än ASK men är däremot mindre känslig för brus. Amplituden hos bärvågen i FSK hålls konstant, vilket gör den energieffektiv. FSK definieras av ekvationerna 27 och 28. [24][34][36]

$$s(t) = A \cdot \cos(2\pi f_1 t) \quad [\text{Ekvation 27}]$$

$$s(t) = A \cdot \cos(2\pi f_2 t) \quad [\text{Ekvation 28}]$$

Bandbredden hos en FSK signal anges enligt ekvation 29.

$$B_T = 2 \cdot (\Delta f + B) \quad [\text{Ekvation 29}]$$

där $\Delta f = f_2 - f_1$ och B är bandbredden för meddelandesignalen. [24]

FSK är den vanligaste digitala modulerings tekniken i det högfrekventa radiospektrat.[29][34]

2.3.2.3 Phase Shift Keying, PSK

PSK är liksom ASK en linjär teknik och bandbredden den tar upp är densamma som hos ASK. PSK är mer komplex än både ASK och FSK men är mer robust mot störningar. Komplexiteten hos PSK gör den till den dyraste tekniken att implementera i ett system. Ju mer komplex desto dyrare blir tekniken att implementera. I PSK överförs digitala data som variation av fasen hos en bärvåg, se bild 16. [24][29][30][31][32]

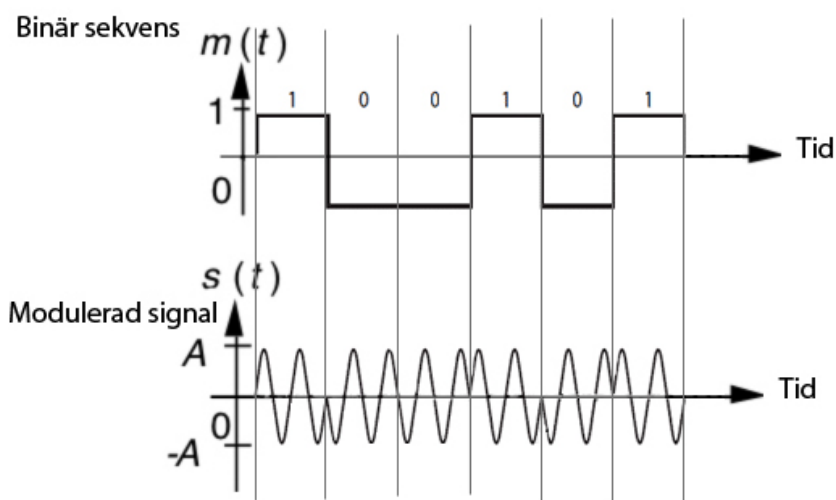


Bild 16: PSK modulering. [57]

Fasförskjutningen i PSK beror på vilken variant som används, av vilken ordning PSK är enligt $M = 2^n$, där n är ordningstalet. För binär PSK, ordning 1, är förskjutningen 180 grader. För kvadratur PSK (QPSK), ordning 2, är fasförskjutningen istället 90° .

Signalen för PSK definieras av följande två antipodala ekvationer; ekvation 30 och ekvation 31. [24] [29] [30]

$$s(t) = A \cdot \cos(2\pi f_c t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad \text{för } m(t) = 1 \quad \text{[Ekvation 30]}$$

$$s(t) = -A \cdot \cos(2\pi f_c t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad \text{för } m(t) = 0 \quad \text{[Ekvation 31]}$$

Signalerna har en korrelationskoefficient som är -1 , vilket ger minsta möjliga felsannolikhet vid överföring. PSK används ofta i kommunikationsindustrin. [24][30]

2.3.2.4 Quadrature Amplitude Modulation, QAM

QAM är både en analog och digital modulerings teknik. Detta beror på vilka typer av signaler som ska överföras, om det är två analoga eller två digitala signaler. I analoga fallet är det en sammanslagning av AM och PM och i digitala fallet motsvarar det en sammanslagning av ASK och PSK. Dessa två signalers bärvågor har en 90° fasförskjutning mellan varandra. [24][28][31][33][36]

QAM definieras av ekvation 32 och ekvation 33, där de två signalerna skiljer sig i både amplitud och fas.

$$s_1(t) = A_1 \cdot \cos(2\pi f_c t + \theta_1), \quad 0 \leq t \leq T \quad \text{[Ekvation 32]}$$

$$s_2(t) = A_2 \cdot \cos(2\pi f_c t + \theta_2), \quad 0 \leq t \leq T \quad \text{[Ekvation 33]}$$

Minsta möjliga bandbredd som behövs för en QAM överföring är detsamma som för ASK och PSK. [24][31][33]

2.3.3 Viktiga parametrar

2.3.3.1 Bandbredd

Det frekvensintervall som en elektronisk signal använder i ett specifikt överföringsmedium. Bandbredd uttrycks även i termer av skillnaden mellan den högsta och den lägsta frekvenssignalen. [33]

2.3.3.2 Signal to Noise Ratio, SNR

SNR är ett mått på signalstyrka relativt bakgrundsbrus och mäts i decibel (dB). Ju högre SNR desto starkare signalstyrka har ett system och desto mindre risk för fel i systemet. [33]

2.3.3.3 Bit Error Rate, BER

Ett begrepp som anger kvaliteten på länken hos ett system. BER är ett mått på hur många bitar data som är fel relativt totala antalet mottagna bitar vid en överföring. En långsammare dataöverföringshastighet medför att BER minskar. [33]

2.3.3.4 Bandbreddseffektivitet, η_B :

Bandbreddseffektivitet är kvoten mellan datahastigheten och bandbredden. Den definieras av ekvation 34. Ett annat namn för bandbreddseffektivitet är spektraleffektivitet. [33]

$$\eta_B = \frac{R}{B} = \frac{1}{BT} \cdot \log_2 M \quad [\text{Ekvation 34}]$$

där R är dataöverföringshastigheten, B är bandbredden, T är periodtiden och $M = 2^n$ där $n = 1, 2, 3$ osv. Den maximalt möjliga bandbredds-

effektiviteten ges med hjälp av Shannons formel enligt ekvation 35, där C är kanalkapaciteten. [29]

$$\eta_B = \frac{C}{B} = \log_2(1 + SNR) \quad [\text{Ekvation 35}]$$

2.3.3.5 Energieffektivitet, η_p

Energieffektivitet är ett mått på mängden mottagen energi som behövs för att uppnå viss BER. Ju högre BER desto lägre blir η_p , eftersom överförd energi går förlorad på dålig data. [33]

2.4 Kretskortstillverkning

I dagsläget finns det många olika metoder för att tillverka kretskort. Tillverkning av kretskort kan antingen göras genom etsning, vilken är en kemisk metod, eller fräsning. De flesta etsningsmetoder liknar varandra så när som på utrustningen som används samt vilket etsmedel som används, men tillvägagångssättet är detsamma. För alla dessa metoder är delmomenten likadana d.v.s. skriva ut layout på kretskortet, framkalla det och slutligen etsa kretskortet. I denna rapport kommer endast några få metoder att nämnas, varav ena är den metod som tillämpats för tillverkningen av kretskorten till signalflaggsystemet. Etsning är en lämpad metod för masstillverkning av kretskort. [37][38][39][40]

2.4.1 Metod 1 – Tonertransfer metoden

Detta är den vanligaste och enklaste tillverkningsmetoden för hemmabruk då ingen dyr och avancerad utrustning behövs. Denna metod är lämpligast för ensidiga och små kretskort. Till denna metod behövs följande material:

- Digital kretskortslayout
- Glättat papper

- Tejp
- Vanligt skrivarpapper
- Laserskrivare
- Strykjärn
- Behållare med varmvatten
- Liten borste
- Kretskortslaminat
- Behållare med etsvätska (Natriumpersulfat)

Utskriften av kretskortslayouten ska skrivas ut på glättat papper då vanligt papper inte fungerar för att bläcket smetas ut lite vid utskrift. Finns inte något glättat papper tillgängligt så funkar det lika bra med en utriven sida ur en Biltema katalog. Används papper ur en Biltema katalog så tejpas den fast på ett vanligt skrivarpapper som sedan matas in i laserskrivaren. Finns det tillgång till glättat papper matas det direkt in i skrivaren. Sedan skrivs layouten ut så att det finns på det glättade pappret.

Kretskortslaminatet bör rengöras med aceton före användning. Spisplattan ställs in på läge 2. Därefter läggs laminatet på spisplattan med kopparsidan uppåt och värms i cirka tre minuter. När laminatet värmts upp läggs layouten på den och då skall layouten klistra sig fast på kopparlaminatet. Fastnar den inte bör den värmas ytterligare. Papprets stryks försiktigt med ett strykjärn inställd på medelvärme i ca 7 minuter så att layouten sätter sig fast på laminatet. När det är klart läggs den i ljummet vatten i minst 10 minuter tills pappret börjat avlägsna sig från laminatet. Vid behov borstas resterande papper försiktigt bort med en liten borste. När pappret avlägsnats är tonern från layouten det enda som finns på laminatet.

Nästa steg är att kretskorten etsas. Det finns olika typer av etsvätskor, där vissa kräver uppvärmning för att fungera. Natriumpersulfat som använts till denna metod kräver uppvärmning. På etsvätskan står det vilken temperatur den behöver värmas upp till för att fungera. Etsvätskan hålls i en behållare och värms upp till den rekommenderade temperaturen. Sedan läggs kortet i etsvätskan och ligger där tills all koppar etsats bort förutom ledningsspåren. Skulle det finnas några avbrott i ledningsspåren på laminatet när etsningen är klar kan spåren fyllas igen med en vattenfast färgpenna där den vattenfasta färgen leder ström. Slutligen tvättas resterande toner på kortet bort med aceton så att borring av hål kan utföras. [37][39][40]

2.4.2 Metod 2 – Metod enligt institutionens riktlinjer

Denna metod är den som tillämpas för kretskortstillverkning av Institutionen för Mätteknik och Industriell Elektroteknik. Metoden har inget direkt namn, men som nämnts tidigare är de olika etsningsmetoderna väldigt lika, så när som på utrustning och etsvätska som används. Denna metod är väldigt smidig och färdiga kretskort kan erhållas på ca 2 h om allt går tillväga på ett korrekt sätt. Material som behövs är listat nedan:

- Digital kretskortslayout
- Glättat papper
- Laserskrivare
- Kretskortslaminat med fotokänsligt skikt (fotoresist)
- Scanner med UV-lampa
- Behållare med framkallningsvätska
- Behållare med etsvätska (Natriumpersulfat, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)
- Värmeelement

- Temperaturmätare
- Destillerat vatten
- Pincett

När kretsen är uppritad digitalt och alla ledningar är dragna skrivs den ut på glättat papper. På de dubbelsidiga kretskortslaminaten används ena sidan för etsning och den andra sidan används som ett jordplan. Det utskrivna pappret läggs i en belysningslåda tillsammans med laminatet med kopparsidan ner. För att layouten säkert skall överföras till fotoresisten belyses det 3 gånger à 20 min.

Efter att layouten fotograferats på laminatet är det dags att lägga det i framkallningsbadet som består av natriumhydroxid (NaOH). Behållaren skakas lite lätt fram och tillbaka för att avlägsna fotoresisten på laminatet och framkalla layouten. Detta steg är viktigt, eftersom etsningen av kretskorten kan ta lång tid alternativt inte etsas rätt om laminatet inte framkallats ordentligt.

När framkallningen är avklarad plockas kortet upp med en pincett och sköljs sedan av med destillerat vatten. Därefter torkas det och läggs ner i etsvätskebadet. För att etsvätskan skall fungera måste temperaturen vara minst 50°C, vilket uppnås genom att ett element värmer upp badet. Ju högre temperatur desto snabbare etsas kopparn bort. Vätskan kommer att etsa bort all koppar på laminatet förutom ledningsbanornas spår, som täcks av kvarvarande fotoresist. Är badet för varmt kan kopparn etsas för mycket så att även spåren äts upp under etsningen. Vid en temperatur på 50 grader tar det ca 10-15 minuter att etsa klart ett kretskort. När kortet är färdigt, sköljs det av under vattenkranen och sedan torkas. Nu återstår det endast att borra hålen. [37][38][40]

2.4.3 Metod 3 – Fräsning med CNC-maskin

Fräsning är en automatiserad metod som används mycket i industrisammanhang och används främst för tillverkning av komplicerade och avancerade kretskort. Fördelen med fräsning är att både fräsning av kretskortet samt borrar av hål kan ske samtidigt. Komplicerade kretskort som hade varit svåra att tillverka genom etsning görs väldigt enkelt genom fräsning.

PCB fräsning har uppkommit från CNC fräsningstekniken. PCB frässystemet är en miniatyr av en CNC fräsmaskin, bild 17. CNC, som står för Computer Numerical Control är ett datorsystem för styrning av maskiner i tillverkningsindustrin. Styrsystemet ger möjligheten att tillverka avancerade delar på ett automatiskt och likformigt sätt.

En ritning av kretsen krävs i Eagle eller liknande program. När layouten är klar skickas den till fräsmaskinen. Systemet utgår från filen och fräser bort koppar utifrån layouten för att skapa ledningsbanor och jordplan. Möjligheten finns att programmera specifika kommandon för att maskinen skall utföra eventuella ändringar. Kvaliteten på kretskorten styrs av noggrannheten i fräsningen, skicket på fräshuvudet samt dess rotationshastighet. Indata och kommandon för styrning samt positionering skickas från styrsystemet till maskinens regulator. Regulatorns uppgift är att styra och övervaka de olika positionskomponenter som får fräshuvudet i rörelse och kontrollerar dess hastighet. Hastigheten på spindelhuvudet ligger normalt mellan 30 000 och 100 000 rpm.

Fräsmaskinens drivsystem styrs i tre axlar, X-, Y- och Z-axel. För styrning av X- och Y-axeln regleras en precisionsskruv som kopplas till fräshuvudet med hjälp av stegmotorer. Enheten som reglerar Z-axeln kan skötas på

flera olika sätt. Det vanligaste sättet är att en givare pressas mot en fjäder och då givaren aktiveras trycker den ner fräshuvudet. En annan variant är genom användning av en luftstyrd cylinder. Den fungerar på ett liknande sätt som givaren, med skillnaden att luft förses via en kompressor som styrs av en manuell regulator. Sista varianten för styrning av Z-axeln är genom en stegmotor med dynamisk positionsåterkoppling. Systemet möjliggör för fräshuvudet att röra sig i precisa upp- eller nerrörelser.

Nästa steg är simulering, systemet kör ett simulerat test av fräsjobbet som skall utföras för att undersöka de olika komponenternas beteende. Vid en misslyckad simulering kan eventuella ändringar göras som behövs utan att det behöver uppstå problem vid fräsning av kretskortet. Därefter förbereds systemet och verktygen ytterligare inför fräsningsprocessen. Det finns inga möjligheter att göra ändringar när fräsningen påbörjats. När processen är slutförd så sker en kontrollmätning för att verifiera att allt är i enlighet med layouten och eventuella ändringar som programmerats. [41][42]



Bild 17: En CNC fräsmaskin [58]

3. Design och Specifikationer

3.1 Patentundersökning

För att säkerställa att inga patentintrång gjordes kontaktades Patent- och registreringsverket i Sverige. Dessutom kontrollerades hemsidan för Patentverket i Europa (EPO) efter liknande produkt/flaggsystem. Det bekräftades att det fanns flera liknande system registrerade men dessa var inte längre aktiva. En patentansökan, bilaga 3, av Gianfranco Marano lämnades in till EPO den 7 april 1995 för ett system som refererar till vår produkt. Detta patent var aktivt fram till 1999-12-01 då ansökan ansågs återkallad, bilaga 4, med anledning av att förnyelseavgiften för patentet inte betalats i tid. Efter detta datum finns inga verksamma patent för liknande produkter. [48][49][50]

3.2 Material

Efter noggrann undersökning av diverse komponenter samt pris valdes följande komponenter till signalflaggsystemet:

- QAM-TX1 – radiosändarmodul som arbetar på den licensfria frekvensen 433 MHz, strömsnål (ca 10mA), arbetar vid låg spänning (minst 1,5V), använder ASK modulering, ekonomiskt pris och var liten till storlek.
- QAM-RX2 – radiomottagarmodul, den motsvarande mottagaren till QAM-TX1 och har liknande egenskaper som QAM-TX1 som ex. ASK demodulering, strömsnål och ekonomiskt pris jämfört med andra liknande mottagare.
- RF600D/E – avkodare/kodare, använder sig av AM. Dessa mikroprocessorer är lättskötta och utvecklade för att uppnå maximal räckvidd från sändar-/mottagarmoduler. De erbjuder

väldigt säker dataöverföring. De arbetar även vid låga spänningar och är enkla att implementera i ett kretsschema.

- $\frac{1}{4}$ -vågs teleskopantenn – användes för att minimera antennlängden, 14 cm var en acceptabel längd på sändarsidan. Implementeringen i flaggstången underlättades. Ekonomiskt sett till priset.
- Tryckströmställare.
- Spänningsregulator, L7806CV, ger ut en spänning på 6V.
- Div. passiva komponenter och div. lysdioder.
- Vibrator, Pico Vibe 12mm Vibration Motor.
- Kopparlaminat (dubbelsidiga).
- Standard flaggor med roterande flagghållare.
- Handtag av gummi med mjukt grepp.
- Batteri adapter (3x1.5V) och batterihållare (9V).
- Inkapsling av mottagare.
- Vattentätt armband för mottagare.

Testutrustning

- Utvecklings-/Testplatta för RF600D/E – Utvecklingsplattan erbjuder många tillämpningsmöjligheter. Plattan tillåter användare att koppla en av tre AM/FM mottagarmoduler eller en IR mottagarenhet till ett RF600D avkodarsystem. Det finns indikatorioder som visar utsignalerna. Plattan möjliggör en smidig parkoppling av RF600D och RF600E. Plattan har även en seriedatautgång. Några fler egenskaper är fjärrstyrd switching, test av räckvidd och omgivning samt möjliggör för test av antenner. Till examensarbetet har alla egenskaper inte utnyttjats med tanke på att de inte varit av nytta för systemet. Utvecklingsplattan användes främst för den smidiga parkopplingen av RF600D och RF600E.

- Spektrumanalysator.
- Digitalt oscilloskop.
- Signalgenerator.
- Spännings-/strömgenerator.
- Multimeter.
- Lödkolv.

3.3 Manual för systemet

3.3.1 Parkopplingsproceduren

När mottagaren sätts igång via *Power switchen* ligger radiomodulen i ett *standby*-tillstånd tills den väcks av en inkommande signal från sändaren. Avkodaren är designad för säker dataöverföring och kryptering. Genom en *learn*-funktion hos avkodaren kan sändare parkopplas till mottagaren. Parkopplingen sker genom att *Learn switch* knappen trycks, som medför att *Status LED 1* lampan lyser. Detta ger upphov till att mottagaren inväntar en signal från en sändare (flagga). Efter ett knapptryck på sändare mottas signalen och lampan släcks, efter ytterligare ett knapptryck börjar lampan blinka och när blinkandet upphör är parkopplingen fullbordad. Med hjälp av avkodarens *learn*-funktion går det att koppla ihop upp till sju flaggor till en mottagare. För att helt radera all data i avkodarens minne trycks *Learn switch* knappen ned i minst 8 sekunder. *Status LED 1* lampan lyser då kontinuerligt medan knappen hålls intryckt som sedan blinkar då minnet raderas. Efter att dioden släckts är avkodarens minne rensat.

3.3.2 Indikator för batterinivå

Status LED 2 är en indikator som ger information om tillståndet av batteriet i sändaren. Kodaren i sändaren läser av batterinivån vid varje knapptryck och skickar en flaggbit med paketet vid låg spänning. Vid en

batterispänning på 3,8 V tänds lampan och ger en anvisning att batterierna borde bytas.

3.3.3 Dataöverföringen

Keeloq protokoll används som krypteringsmetod för en säker dataöverföring mellan sändare och mottagare. Denna har 2^{64} kombinationsmöjligheter. Krypteringstekniken möjliggör att en unik kod skickas vid varje knapptryckning vilket ger hög säkerhet vid överföring. Dataprotokollet som används av de integrerade kretsarna vid överföring är Manchesterkodning, som är en bitkodningsmetod där en logisk 0a representeras av en övergång från låg till hög och en logisk 1a av en övergång från hög till låg, vilket illustreras i bild 18. En av fördelarna med denna kodning är att en enda signal förmedlar både data och klockinformation, vilken gör den självsynkroniserad som medför färre bitfel. Paketstorleken är 67 bitar vilken inkluderar synkroniseringhuvud, start- och stoppflaggor, krypterad och fast kodata samt en CRC-kontroll. En säker kryptering är viktig då ingen utomstående ska kunna påverka systemet och därmed störa domarteamet.

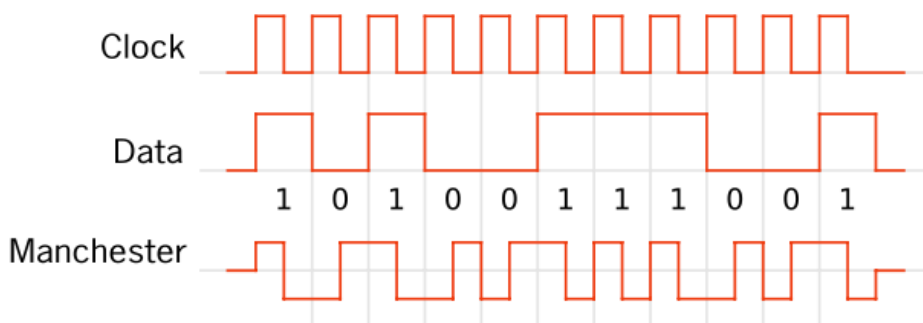


Bild 18: Ett exempel på en sekvens i Manchesterkodning. [60]

3.4 Domarnas anvisningar

3.4.1 Löpmönster och planstorlek

Huvuddomaren (HD) springer under en match i ett rekommenderat löpmönster, ett så kallat diagonalsystem, där denna löper i diagonalen mellan de assisterande domarna (AD). Detta kan ses i bild 19, där område 3 symboliserar löpmönstret under en match. Diagonalsystemet underlättar löpningen för HD genom att AD:na har befogenhet att hjälpa domaren ute i sina områden med det otillåtna spelet samt markera när bollen lämnat spelplanen. AD:na ska alltid följa näst sista försvararen (målvakten räknas som sista försvarare) och alltid vara i linje med denna fram till offensiv planhalva, där offside regeln slutar att gälla.

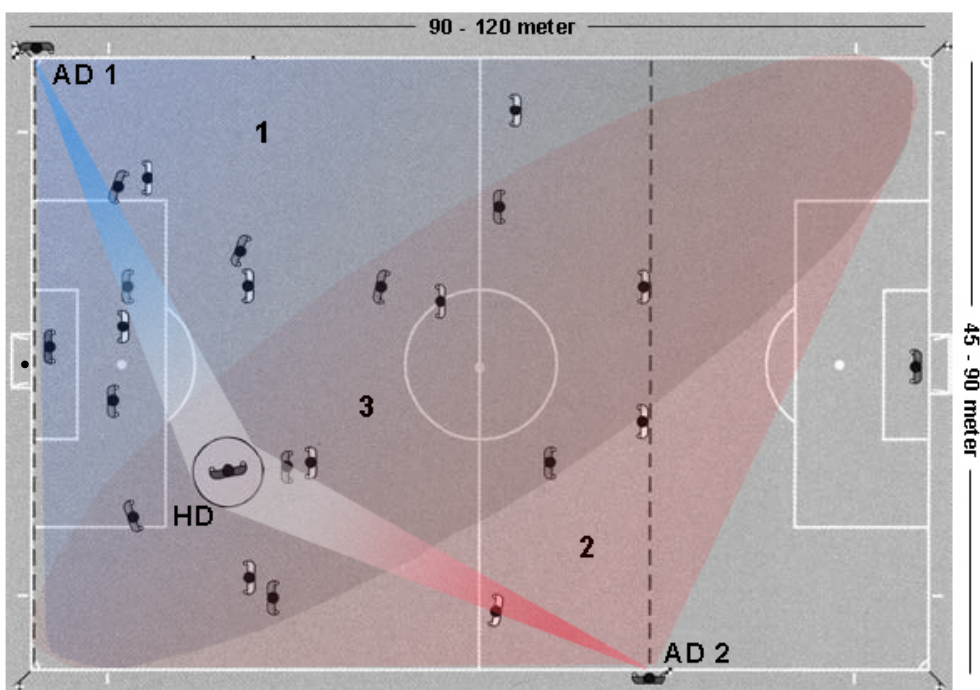


Bild 19: Bilden visar nödvändig räckvidd för system i förhållande till domarnas positioner samt huvuddomarens diagonalsystem. [61]

Enligt Svenska Fotbollsförbundets regler gällande planstorleken så måste planen vara rektangulär samt att längd och bredd ligger inom intervallen:

$$90\text{ m} \leq \text{Längd} \leq 120\text{ m}$$

$$45\text{ m} \leq \text{Bredd} \leq 90\text{ m}$$

3.4.2 Assisterande domarens tecken

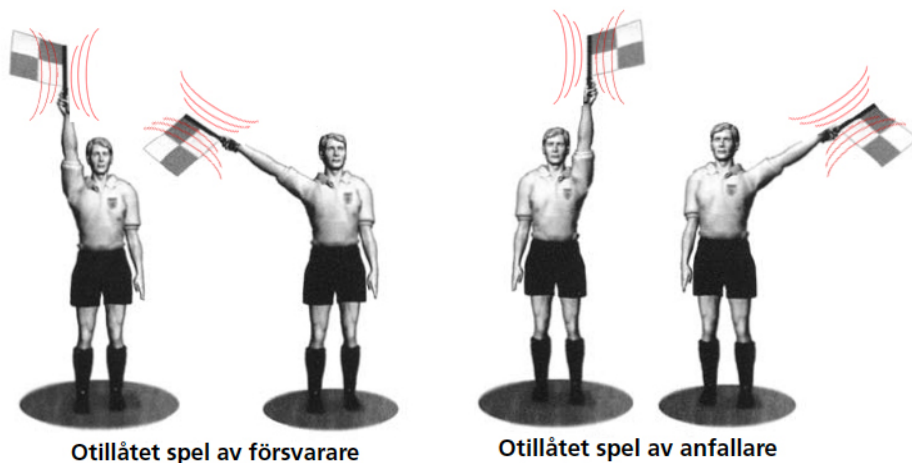


Bild 20: Tecken för frispark för försvarande och anfallande lag. [61]

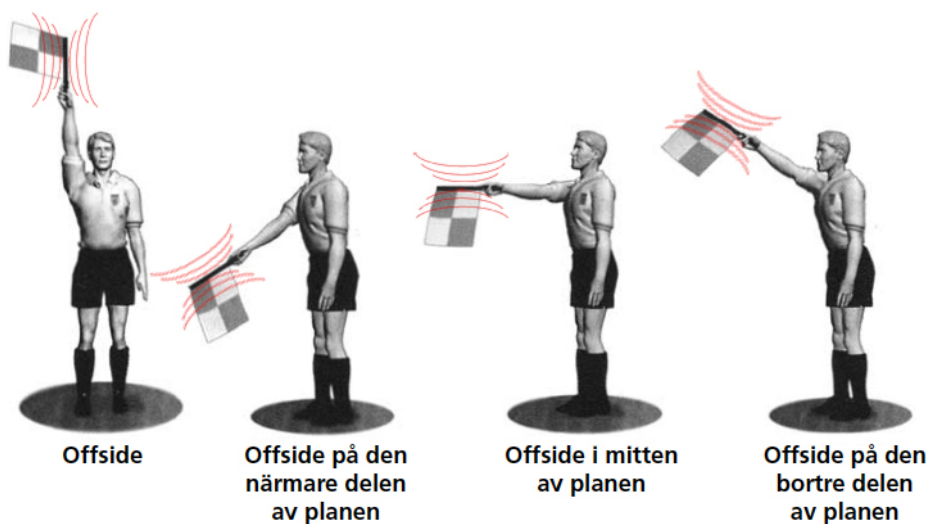


Bild 21: Tecken för offside. [61]

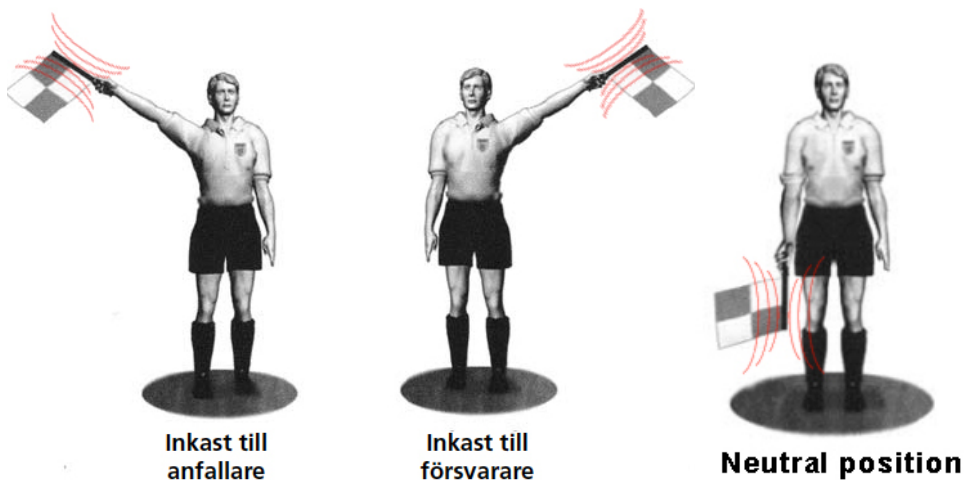


Bild 22: Tecken för inkast och en neutral position. [61]

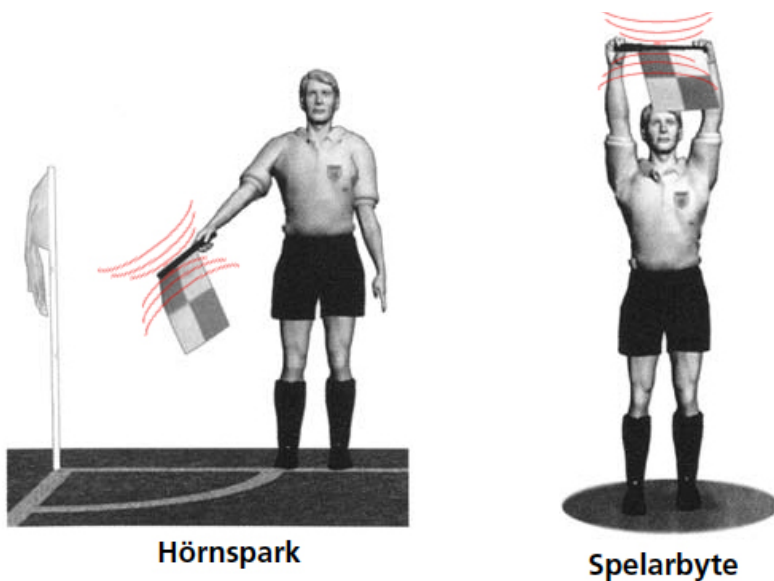


Bild 23: Tecken för hörnspark och spelarbyte. [61]

Med bild 19 som underlag så är gränsen för en minimal räckvidd för systemet cirka 80-90 meter. Denna gräns är tillräckligt då domarna ständigt är i rörelse men alltid i ett nära förhållande till varandra som approximativt inte överstiger 85 meter. En illustration kan ses i bild 19, där det har blivit

mål och domarna står i sina rekommenderade positioner. AD 1 är nere vid mållinjen för att bekräfta att bollen är i mål. HD har sin position utanför straffområdet och AD 2 följer nästsista försvararen. Illustrationen kan ses som ett *worstcase* scenario vilket i detta fall betyder att avståndet mellan alla domarna är det maximala som normalt kan uppstå under en match.

4. Utförande

4.1 Koppla system på kopplingsplatta

Examensarbetet påbörjades med att planera hur systemet skulle fungera på krets-nivå. De integrerade kretsarna, *RF600D* och *RF600E*, samt båda radiomodulerna, *QAM-TX1* och *QAM-RX2*, kopplades upp till Utvecklingsplattan via dess manual. Uppkopplingen var väldigt smidig då komponenterna bara behövdes placeras på sina respektive markerade platser. Först åstadkoms kommunikation mellan de integrerade kretsarna där de parkopplades med varandra och därefter kunde en signal i form av ett bitmönster skickas och mottas via radiomodulerna. En indikatorlampa påvisade upprättad kommunikation. Med hjälp av Utvecklingsplattan erhöles insikt om hur kommunikationen och parkopplingen fungerade. Utvecklingsplattan erbjöd många tillämpningar men användes endast för uppkoppling och analys av systemet.

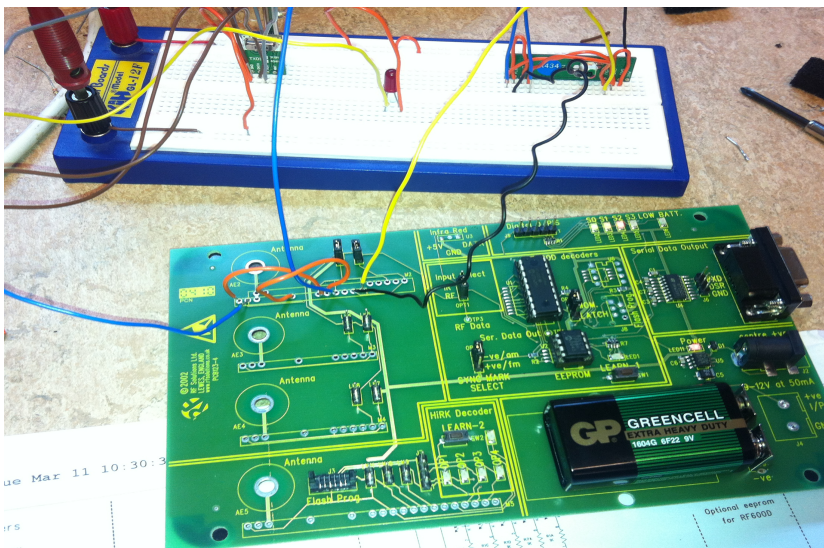


Bild 24: Analys av systemet uppkopplat via Utvecklingsplattan och kopplingsplattan. [62]

Efter vidare undersökning gjordes kretsscheman för sändare och mottagare. Kretsscheman framställdes utifrån databladen för radiomodulerna, med en viss modifikation för vår tillämpning, se avsnitt 4.5.2 och 4.5.3. Motsvarande kretsscheman testades genom uppkoppling på en kopplingsplatta. Uppkopplingen av systemet via Utvecklingsplattan och kopplingsplattan illustreras i bild 24.

4.2 Design av kretskort

När systemet fungerade korrekt var det dags att designa layouten för kretskorten på datorn med hjälp av programmen Eagle och Fritzing. Det var enkla dubbelsidiga kretskort som skulle tillverkas där alla ledningar drogs på endast ett lager. Det andra lagret användes som jordplan. Fritzing var det slutgiltiga programmet som användes för design, av den anledningen att programmet tillät användaren att själv tillverka egna objekt i programmet. Eftersom radiomodulerna inte fanns i deras inbyggda bibliotek fanns det behov av att skapa egna objekt.

4.3 Tillverkning av kretskort

Tekniken som användes för tillverkning av kretskorten är etsningsmetoden enligt institutionens riktlinjer. Under hela denna process användes skyddsutrustning i form av labbrock, skyddsglasögon och gummihandskar. När layouten designades klart skrevs den ut på glättat papper. Därefter lades pappret på laminatet vilken belystes med ultraviolett ljus. Efter cirka en halvtimmes bestrålning lades laminatet i en behållare av framkallningsvätska, bild 25. Behållaren skakades om under cirka tre minuter till dess att all exponerad fotoresist på laminatet lösts upp.

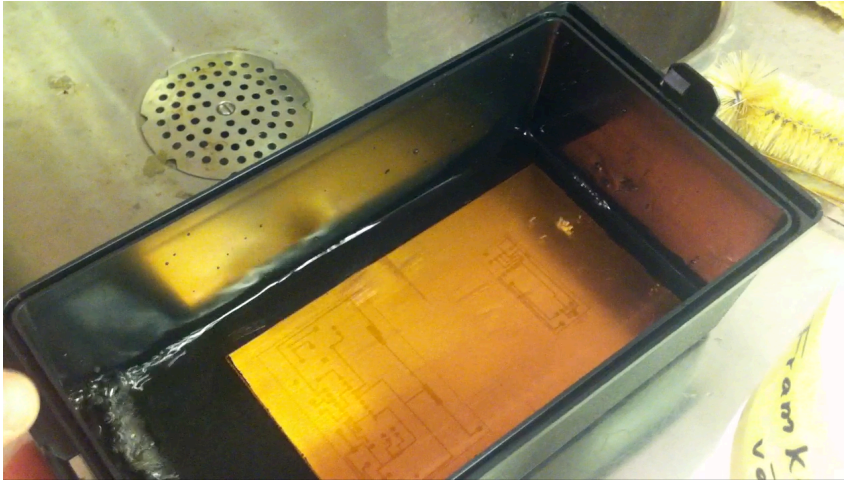


Bild 25: Laminatet placerades i en behållare med framkallningsvätska. [62]

Laminatet togs ur behållaren, sköljdes av med destillerat vatten och placerades därefter i en behållare av etsvätska (natriumpersulfat), bild 26. Etsvätskan tillverkades genom att man blandar etsmedel med vatten. I behållaren fanns även ett element som värmde upp vätskan samt en termometer för att kontrollera temperaturen i vätskan. Etsvätskan värmdes upp till cirka 50°C, vilken är en genomsnittlig temperatur då kopparn börjar etsats bort från laminatet.

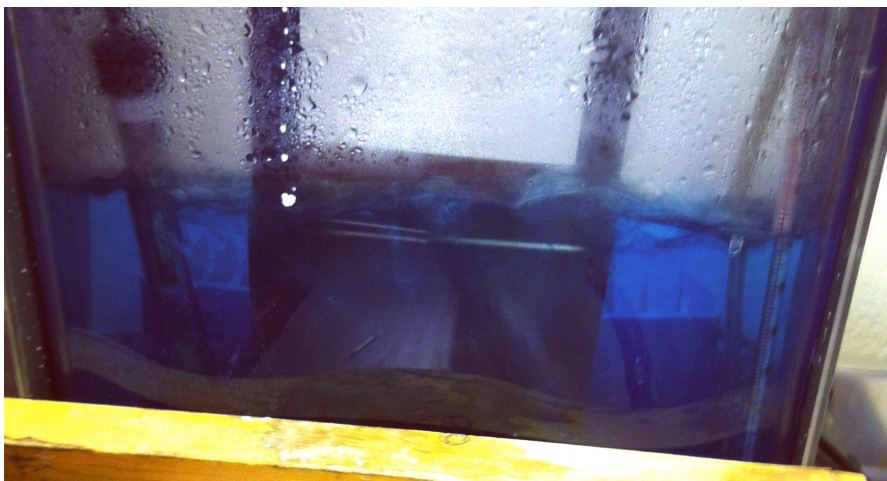


Bild 26: Laminatet placerades i en behållare med etsvätska. [62]

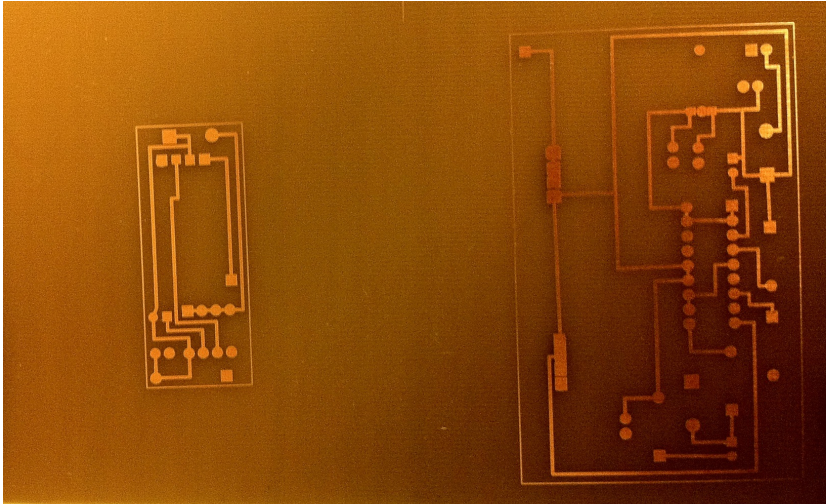


Bild 27: Laminatet efter badet med etsvätskan. [62]

Efter 20 minuter hade all koppar, förutom ledningsbanorna, etsats bort och därefter togs laminatet ur behållaren och sköljdes under en vattenkran. Laminatet var nu klart för storleksanpassning och borrning, bild 27. Eftersom komponenterna skulle hålmonteras borrades hål på kretskortet där komponenterna skulle monteras. Borren som användes var 1 mm bred. Kretskorten klipptes till sin rätta storlek med hjälp av en noggrann klippmaskin som fanns tillgänglig i institutionens verkstad. Montering av komponenterna skedde genom lödning med tunn löttråd.

4.4 Inkapsling av mottagare och sändare

När alla komponenterna monterats klart och ett fulländat system hade konstruerats så inkapslades kretskorten. Mottagarkortet placerades i en plastlåda med batterihållare enligt bild 28. Lådans dimensioner är 107x60x24 mm. Dessutom applicerades en strömställare, *Power switch*, vid ingången av kretsen för möjligheten att kunna sätta av/på mottagaren.



Bild 28: Inkapsling av mottagarkretskortet och batteri. [62]

Vibratorn som används är en *312-101 Pico Vibe 12mm Vibration Motor*, bild 29, och dess funktion i systemet är att vibrera när en insignal från flaggan har mottagits. Den har formen av ett mynt och är placerad under kretskortet på sidan av lådan som ligger mot armen.

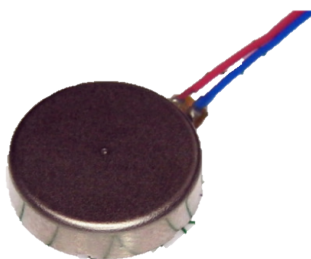


Bild 29: 312-101 Pico Vibe 12mm Vibration Motor som används i mottagaren. [59]

Innan sändarkortet fästes inuti handtaget så inkapslades elektroniken med en skyddslang, bild 31, för att skydda kretskortet och komponenterna mot vattenskador och fukt. Ett lock sammanfogades fast med en batteriadapter för ett enklare batteribyte. Locket sitter på undersidan av handtaget och lösgörs via en skruv. I den övre delen av handtaget borrades ett hål för knappmekanismen. Teleskopantennen placerades i kanalen som borrades i flagghållaren. En överblick över samtliga beståndsdelar som monterades in i handtaget ses i bild 30.

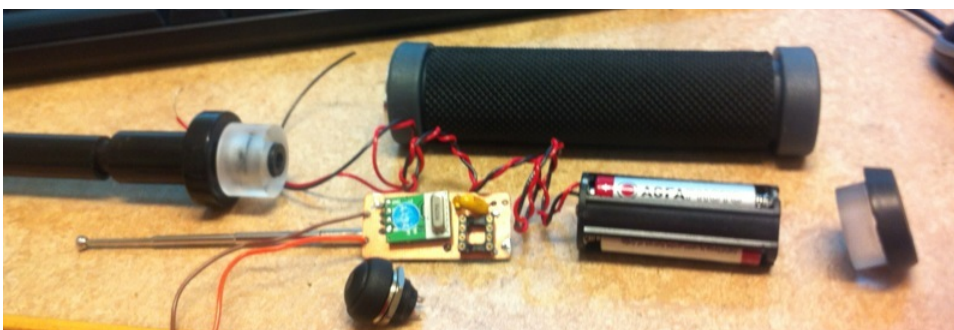


Bild 30: Illustration av samtliga beståndsdelar i handtaget. [62]

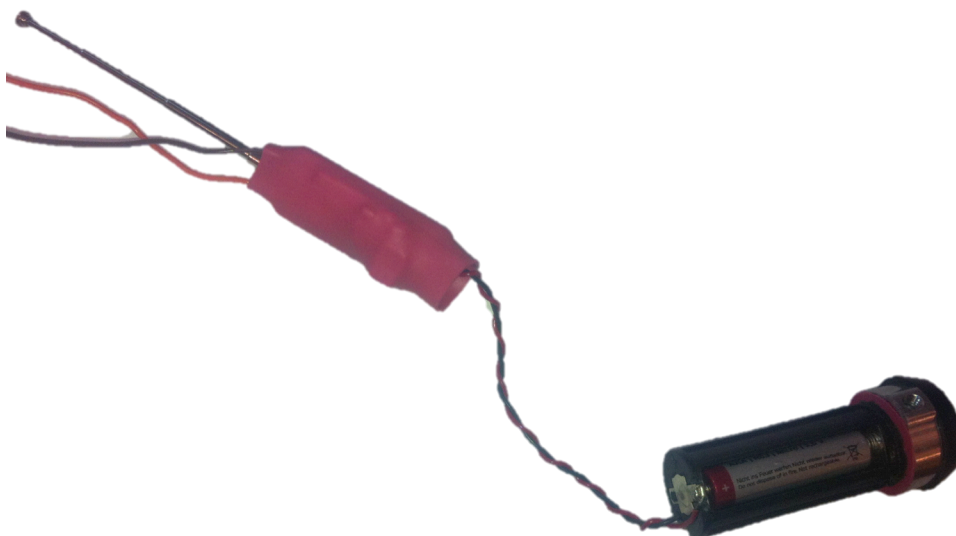


Bild 31: Kretskortet omslutet med skyddslang och batteriapparaturen. [62]



Bild 32: Implementeringen av sändarkretskortet in i flagghandtaget. [62]

Efter montering av alla komponenter tätades handtaget med epoxylim för ytterligare vattentäthet. Det slutgiltiga resultatet av flaggstängerna efter monteringen visas i bild 32.

4.5 Tester/Analyser

4.5.1 Spektrumanalysator

Systemet kopplades till en spektrumanalysator för att kontrollera att radiomodulerna arbetade på den angivna frekvensen samt att studera spektrumet.

4.5.2 Mottagaren

Komponenterna kopplades upp enligt de modifierade kretsschemana, bilaga 2. Tester gjordes för att fastställa vilka värden de passiva komponenterna skulle ha samt för att testa komponenternas maximalt tillåtna gränsvärden. Avkodaren, *RF600D*, hade en maximal tillåten spänning på 6,9 V. Ett av felen som dök upp var att spänningen in till kretsen var alldeles för hög då den drevs av ett 9 V batteri. Med tanke på den maximala gränsen hos avkodaren behövdes spänningen reduceras från 9 V till ca 6 V. Första lösningsmetoden gick ut på att koppla in ett

motstånd och en zenerdiod (5,1 V) på varje utgång i avkodaren som går till V_{cc} . Det andra lösningsförslaget var istället att använda en linjär spänningsregulator, *L7806CV*, vid V_{cc} som reducerar matningsspänningen till 6 V. Först kopplades spänningsregulatorn endast in till avkodaren, men detta gav upphov till att vibratorm började vibrera ojämnt, d.v.s. den vibrerade sporadiskt i form av korta intervall trots konstant insignal. Efter vidare analys kopplades den istället direkt efter matningsspänningen och sedan vidare ut till resten av kretsen. Dessutom kopplades en PNP transistor, *BC177*, för att stabilisera spänningen. Kollektorn kopplades till vibratorm, basen till utsignalen på avkodaren och emitter till jord. Omkopplingskondensatorer, av storlek 100 μF vid ingången samt 10 nF vid utgången, kopplades in för att stabilisera signalen.

En cirka 15 cm lång spiralformad trådanterenn kopplades till mottagaren. Längden på antennen beräknades genom att först beräkna våglängden för frekvensen 433 MHz och därefter dividera våglängden med faktor 4 för en kvartsvågsantenn. Antennlängden kortades med cirka 10 % för att kompensera för utbredningshastigheten. När kretsen var fullständig och fungerade felfritt kapslades den in i mottagarlådan.

4.5.3 Sändaren

Tillhörande komponenter för sändaren kopplades upp enligt kretsschemat, bilaga 2. Endast en av kodarens, *R600E*, fyra ingångar användes. Omkopplingskondensator på 100 μF kopplades in i efterhand mellan V_{cc} och jord. En teleskopantenn på ca 14 cm kopplades in till sändarmodulen, *QAM-TX1*, vilken användes för att utsända signalen. Då kretsen var färdig installerades den i handtaget.

4.5.4 Test av fullständiga systemet

Under examensarbetets gång gjordes regelbundna tester på systemet. De första testerna som gjordes var när systemet endast var kopplat på kopplingsplatta. Då genomfördes ständiga spänningsmätningar med hjälp av en multimeter. Därefter gjordes fälttester som utfördes på E-husets parkering samt ute på ett öppet fält. Syftet med fälttesterna var att testa räckvidden för systemet samt att approximativt undersöka antennens effektutstrålning i olika riktningar. Detta gjordes genom att flaggan hölls i de positioner som används av de assisterande domarna (se avsnitt 3.4.2) för att simulera ett matchliknande scenario. Avståndet mellan sändande flaggan och mottagaren varierades till dess att ingen signal mottogs. Dessutom testades kroppens påverkan till att avskärma och dämpa den inkommande signalen till mottagaren. Genom att vända den sida av kroppen där mottagaren placerades tvärtemot den sändande flaggan så skärmade kroppen av signalen. Dessvärre fanns inte möjligheten och tiden att utföra specifika mätningar för antennen i Radioinstitutionens antennmätlabb. Därav finns inga mätvärden för antennparametrar så som direktivitet, effektivitet och strålningsdiagram.

4.5.5 Batterilivslängden

Livslängden för batterierna i sändarna testades genom att hålla knappen på flaggan nedtryckt i fem sekunder som därefter följdes av en sekunds paus. Detta upprepades kontinuerligt tills det att batterinivån blev för låg. Tillvägagångssättet simulerade ett matchliknande scenario där en fem sekunders signal skickas till mottagaren.

För att undersöka mottagarbatteriets livslängd utfördes två tester. Under det första testet var mottagaren i aktivt läge under 60 minuter, d.v.s. den mottog en signal från en sändare i en hel timme. I det andra testet så var

mottagaren i standby läge. Genom att slå ihop de två testerna så kan livslängden hos mottagarens batteri uppskattas.

4.5.6 Provmatch

När prototypen ansågs vara fulländad och felfri testades den under följande två fotbollsmatcher sanktionerade av Skånes fotbollsförbund:

Datum	Match	Serie
2012-08-17	Jägersborgs IF – Ignaberga IF	Herrar Division 6 Norra
2012-09-15	Hästveda IF – Wisseltofta	Herrar Division 6 Norra

Under båda matcherna var Emin Cimic huvuddomare. I den första matchen var Ibraheem Saadi och Sorin Vatau assisterande domare medan i den andra matchen var Åke Kärvegård och Ahmed Al-Kodri tillsatta AD. Eftersom systemet konstaterades vara felaktigt under den första matchen så gjordes en återkoppling om systemet endast med de assisterande domarna i den sistnämnda matchen.

4.6 Marknadsundersökning

För att göra en välutformad marknadsundersökning, som är enkel att genomföra samt tilltalar många domare, utforskades flera hemsidor som ger tips och råd. Dessa utnyttjades och låg till grund för undersökningen. En webbaserad marknadsundersökning är enklare att fylla in än en pappersundersökning. Undersökning skapades på *SurveyMonkey.com* som är en populär hemsida för att skapa marknadsundersökningar. Enligt dess hemsida använder sig internationella företag, så som Audi, Facebook, Phillips och Samsung, av deras tjänster.

Det finns en rad viktiga punkter som måste tas hänsyn till för att lyckas med en bra marknadsundersökning. Allmänna frågor måste komma före

specifika frågor och de är oftast enkla och får deltagaren att slappna av. Det är viktigt att deltagare är avslappnade när de genomför undersökningen och inte känner press eller blir ställda av någon fråga. Frågorna formulerades på enklast form och inga avancerade ord eller uttryck användes. Några andra viktiga punkter är:

- Lätt att fylla i och lätt att förstå
- Frågor skall utformas så att svaren blir exakta
- Undvik ledande formuleringar
- Fråga en sak i taget
- Svartalternativen skall täcka alla möjliga svar
- Ja-/Nej-frågor
- Frågor med flera svartalternativ
- Öppna frågor som ger deltagare möjlighet till fria synpunkter

Det viktigaste är att när undersökningen är klar, oavsett deltagande, att man fått svar på sin huvudfråga och att undersökningen levt upp till dess syfte. Syftet med undersökningen var att få reda på vad Skånes fotbollsdomare anser om ett trådlöst signalflaggsystem som ett hjälpmedel för dem och deras kollegor. Skånes fotbollsförbund kontaktades för email-adresser till alla Skånes fotbollsdomare. En webbaserad marknadsundersökning skickades till 530 domare. Marknadsundersökningen bestod av flervalsfrågor med möjlighet till egna kommentarer.

4.7 Kostnadsförslag

Ett uppskattat kostnadsförslag gjordes för tillverkning av en prototyp av signalflaggsystemet. Kostnadsförslaget utgjordes av materialkostnader för alla diverse komponenter som utgör systemet.

5. Resultat och diskussion

Med Utvecklingsplattan som verktyg gav denna insikt och förståelse om de integrerande kretsarna funktion samt erbjöd en smidig procedur för hur parkopplingen gick tillväga. Kretskortscheman för sändare och mottagare, bilaga 2, utvecklades med databladerna för de integrerade kretsarna som underlag. Hela tiden så ändrades kretsen under periodens gång fram tills den slutgiltiga och fungerande kretsmodellen framställdes. Genom programmet Fritzing designades kretskorten som visas i bild 33. Därefter tillverkades kretskorten genom etsning och lödning av komponenterna.

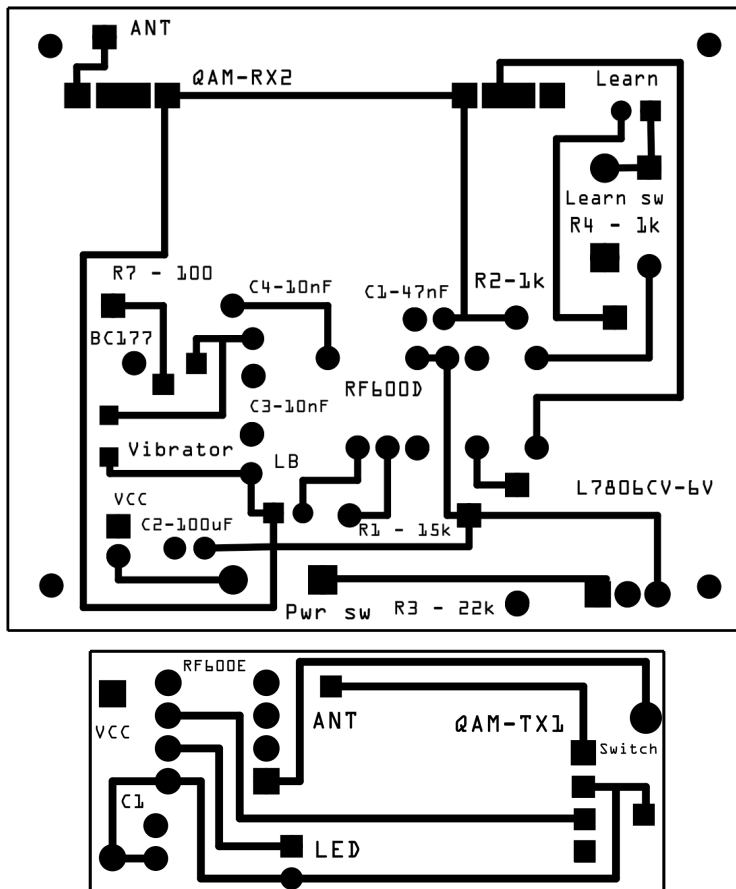


Bild 33: Slutliga layouten för kretskorten. Den övre är mottagarkortet, den nedre är sändarkortet. [62]

5.1 Spektrumanalysator

Med hjälp av en spektrumanalysator uppmättes den inkommande och utsändande radiosignalen. I bild 34 visas spektrumet av signalen medan i bild 35 bekräftas centerfrekvensen 433 MHz som systemet använder.

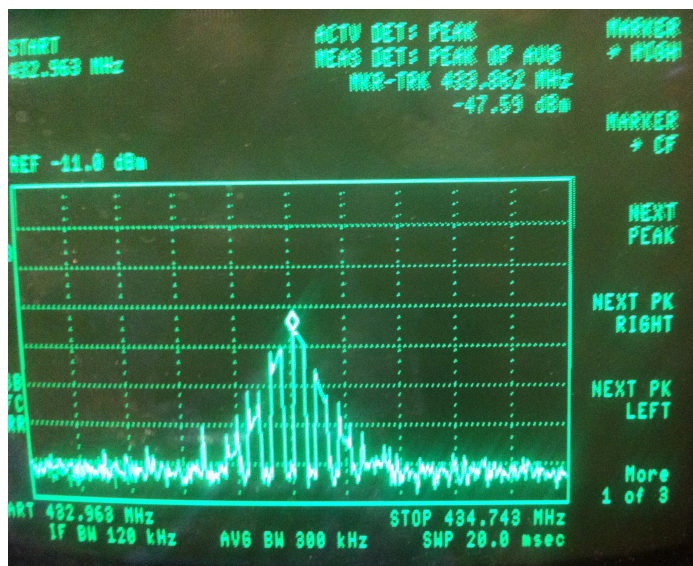


Bild 34: Spektrumet av radiosignalen i systemet. [62]

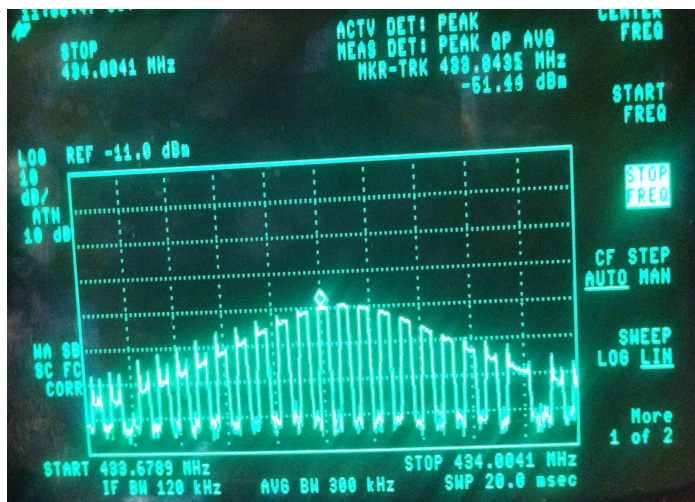


Bild 35: Centerfrekvensen i systemet. [62]

5.2 Mottagare

De mest väsentliga komponenterna i mottagaren är radiomottagarmodulen, *QAM-RX2*, och avkodaren, *RF600D*. Dessa komponenter är grundläggande för ett korrekt fungerande system. Via mottagarmodulen utförs själva radiokommunikationen mellan sändare och mottagare som sker genom en simplex kommunikation. Den använder frekvensen 433 MHz som är en licensfri frekvens för ett ospecificerat tillämpningsområde. Våglängden för frekvensen beräknades till 0,693 meter genom ekvation 35.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300}{433} \text{MHz} = 0.693\text{m} \quad [\text{Ekvation 35}]$$

Med hjälp av denna information räknades längden för en kvartsvågsantenn ut till ca 17 cm enligt ekvation 36. En kvartsvågsantenn användes på grund av den höga verkningsfrekvensen för systemet vilket resulterade i en avsevärt kortare antennlängd.

$$l = \frac{\lambda}{4} = \frac{0.693\text{m}}{4} = 0.173\text{m} \approx 17\text{cm} \quad [\text{Ekvation 36}]$$

På grund av det minimala utrymmet i mottagaren användes en trådanter, eftersom detta var den enklaste och mest ekonomiska lösningen. Trådanterren virades till en spiral för att få plats i inkapslingslådan. Virandet av trådanterren har ingen väsentligt skillnad på räckvidden i förhållande till en rak trådanter. Skillnaden är minimal att det knappt går att uppmäta. Den väsentliga egenskapen som styr räckvidden är längden på trådanterren. Då energin inte överförs lika snabbt genom ledningar som i luften behöver längden av antennen vara cirka 10 % kortare än de uträknade värdet. Därmed användes en cirka 15 cm lång trådanter i mottagaren.

Mottagarkretsen hade en matningsspänning på 9 V från batteriet, men avkodaren i kretsen hade en maximal tillåten spänning på 6,9 V. Därför behövdes inspänning till kretsen reduceras till en tillräcklig nivå. Lösningen till problemet var att koppla in spänningsregulatorn direkt till ingången vilket gjorde att 6 V matades ut till hela kretsen. På grund av att utspänningen inte var stabil vibrerade vibratorm fortfarande ojämnt emellanåt när en signal togs emot. För att åtgärda detta kopplades en PNP transistor, *BC177*, in mellan avkodaren och vibratorm för att stabilisera spänningen. Detta gav oss 0 V i spänningsskillnad och vibratorm vibrerade nu konstant vid inkommande signal.

En elektronisk krets fungerar bäst då matningsspänningen är konstant. Om en varierande ström går genom en impedans vilken är skild från noll så erhålls en varierande spänning enligt Ohms lag. För att åstadkomma en konstant matningsspänning måste impedansen vara låg för den frekvens som används vid strömkonsumtionen. Genom att koppla in omkopplingskondensator, 100 μF , mellan spännings- och jordplan bevarades impedansen låg vid högre frekvenser så att inga stora spänningsvariationer förekom. Dessutom kopplades två kondensatorer, 10 nF, över vibratorm för att signaljorda för lägre frekvenser.

5.3 Sändaren

Sändaren, som är implementerad i flagghandtaget, är uppbyggt enligt kretsschemat, bilaga 2. Den drivs av matningsspänningen 4.5 V genom en batteriadapter av 3x1.5 V. Kodaren, *RF600E*, krypterar signalen som skickas genom sändarmodulen, *QAM-TX1*, via ett knapptryck, *SW1*. En kvartsvågs teleskopantenn på 14 cm användes för sändningen av radiovågor. Kvartsvågsantennen användes för att minimera antennlängden.

För indikation på transmission vid utvecklingsläge finns en *Status LED* som blinkar vid utsändning.

5.4 Tester/analys

5.4.1 Räckvidd

Då systemet byggts upp på kopplingsplatta togs det ut till E-husets parkering för test av räckvidd. En optimal räckvidd på cirka 100 meter uppnåddes för båda sändarna. Nästa steg var att testa räckvidden efter att alla komponenter monterats på kretskorten. Detta undersöktes både ute på parkeringen samt ute på ett öppet fält. Återigen uppnåddes räckvidden till cirka 100 meter vid både platserna. Med detta positiva resultat inneslöt kretskorten i respektive inkapslingar för att återigen testas. Avståndet som uppmättes nu var cirka 70 meter vilket är kortare än tidigare. Anledningen anses vara att matchningen försämrades mellan kretskortet och antennen efter inkapslingen jämfört med kopplingsplattan. En annan faktor är placeringen på antennen. Vid inkapsling ligger antennen placerad horisontellt med kretskortet, där antennen och komponenterna har en viss påverkan mot varandra, medan i fallet på kopplingsplattan så låg antennen vertikalt mot kopplingsplattan. Då det inte fanns möjlighet att utföra mätningar på antennerna kunde inte bättre matchning utföras.

5.4.2 Effektutstrålning

Då en antenn inte kan stråla lika mycket åt alla håll är sättet att hålla flaggan väldigt avgörande för att en signal ska skickas och mottas. Utstrålningen ovanför och underifrån flaggan är minimal medan strålningen i horisontell riktning från flaggan är maximal. Vågutbredningen vågrätt från antennen strålar åt alla riktningar, vilken visas i bild 36, men dock varierar effektstyrkan beroende på riktning. Därför gjordes

undersökningen om huruvida assisterande domarens tecken skulle ha negativ påverkan på utstrålningen från flaggan. Slutsatsen visade att effektutstrålningen inte påverkades vid något flaggtecken som assisterande domaren visade (se avsnitt 3.4.2), vilket illustreras av de röda markeringarna. Vid alla ingripanden som assisterande domaren gör har denna aldrig flaggan rakt in mot planen utan skickar alltid signalen när flaggan är vinkelrät mot spelplanen. Då huvuddomaren ständigt är i rörelse under en match är mestadels den högra sidan exponerad mot den verksamma assisterande domaren. För att inte domaren ska avskärma och dämpa den mottagande signalen med sin kropp rekommenderas mottagaren att användas på höger överarm.



Bild 36: Vågutbredningen från en antenn sett uppifrån. [62]

5.4.3 Batterilivslängd

För att testa batterilivslängden för sändarna gjordes ett uppskattningsvis matchliknande scenario där fem sekunders knapptryck följdes av en sekunds paus. Det registrerades 1500 knapptryck innan batterinivån i sändaren sjunkit från 4,5 V till 3,8 V, vilken är nivån där ett batteribyte är lämpligt. Uppskattningsvis görs det maximalt 30 knapptryck per match, detta betyder att en livslängd på minst cirka 50 matcher för batterierna i sändaren.

Ett fulladdat 9 V batteri har en spänning på 9,2 V. När mottagaren sätts igång uppmäts en spänning på 9,1 V över batteriet. Mottagaren fick vara i *standby*-tillstånd under tre dagar och därefter mättes en spänning på 5,4 V. Detta resulterade i att batteriets spänning sjönk med 1,3 V/dag, vilket innebär 54 mV/h. Sänkningen är i verkligheten inte linjär utan exponentiell, men för att få en grov uppskattning av batterilivslängden så gjordes beräkningar för en linjär sänkning. För att mottagaren skall fungera behöver den minst 6 V. Under en match är mottagaren i vila under maximalt 120 minuter. Detta motsvarar en spänningsminskning på 108 mV.

Mottagarbatteriets spänning uppmättes under 60 minuters konstant knapptryckning från en av sändarna. Vid start låg spänningen på 8,5 V och vid testets slut hade den sjunkit till 8,15 V. Konstant användning drog 350 mV i 60 min, vilket motsvarar en sänkning på 6 mV/min. Även här är sänkningen exponentiell men beräkningen gjordes för en linjär sänkning. Under en match uppskattas det att mottagaren är i aktivt läge under 2,5 min, d.v.s. cirka 30 knapptryckning från sändarna, Spänningen över batteriet på mottagaren drar då varje match 15 mV.

Under en match förbrukar mottagaren, både i standby och aktivt läge, en spänning på 123 mV. Om vi uppskattar att den lägsta spänningen som behövs i standby för att kretsen skall fungera är 6,5 V, så kan batteriets spänning sjunka med 2,7 V. Kvoten av 2,7 V och 123 mV ger antalet matcher som mottagarens batteri klarar av innan den behöver bytas ut. Antalet matcher fås enligt ovan uppskattningar till 21 stycken.

En domare dömer omkring 40 matcher under en säsong, vilket betyder att en domare som använder vårt system endast behöver byta ut mottagarens batteri en gång under en hel säsong. Sändarnas batteri håller som tidigare nämnts i cirka 50 matcher.

Möjligheten att testa yttre påverkan av temperatur samt känsligheten av kroppsvärme för systemet fanns dessvärre inte. Men på grund av komponenternas breda arbetstemperatursintervall (-20 - 60 °C) antogs det att systemet skulle klara av varierande klimat. Systemet tillverkades principiellt vattentåligt vilket gynnar vid regniga miljöer. Mottagaren placeras i ett vattentätt armband medan i handtagen så användes silikon för att täta alla öppna ytor.

5.5 Provmatch

Då prototypen betraktades slutgiltig sattes den på prov i två Division 6 matcher i norra Skåne. Armbandet med mottagaren placerades under tröjan på huvuddomarens högra överarm medan de assisterande domarna befann sig på sin ordinarie position längst långsidan av fotbollsplanen. Under den första matchen, 2012-08-17, uppträdde systemet underligt då en signal endast mottogs från cirka 5 meter. Det konstaterades i halvtid utav matchen att en signal skickad från avstånd längre än 5 meter inte blev mottagen. Detta fenomen var märkligt då en längre räckvidd åstadkoms vid fälttesterna på E-husets parkering och ute på ett öppet fält. Systemet återtogs tillbaka till labbet och komponenterna undersöktes för att kontrollera ifall något blivit defekt. Efter noggrann analys med multimeter påträffades ett glapp vid kontakten mellan kretskortet och knappsatsen på den ena flaggan. Dessutom hade lödningen släppt mellan antennen och kretskortet på den andra flaggan. Sannolikt är detta anledningen till att

systemet inte fungerade korrekt vid första testmatchen. Efter att åtgärder tagits och systemet lagats togs det på nytt ut på ett öppet fält för analys utav räckvidd. Systemet fungerade enligt kraven och en räckvidd på cirka 70 meter erhöles. Den 15 september 2012 testades prototypen återigen under en match. Vid detta tillfälle fungerade systemet enligt riktlinjerna och en fullständig kommunikation skapades mellan huvuddomaren och de assisterande domarna.

Respons av signalflaggsystemet från de assisterande domarna efter matchen den 15 september 2012:

”Det är ett väldigt bra hjälpmedel som underlättar kontakten med huvuddomaren. Gällande just detta system anser jag att det uppfyller alla förutsättningar som krävs för de lägre serierna. Den är användarvänlig och flagghandtaget ligger smidigt i handen. Ett helt klart nödvändig verktyg som alla domare borde införskaffa om priset är rimligt.”

– Åke Kärvegård

”Ett grymt system som underlättar för oss domare. Tyckte den var rätt bekväm att använda och jag märkte att Emin reagerade direkt när jag tryckte på knappen. Jag är övertygad om att de flesta domare vill äga ett sånt system, så länge priset är OK. Tycker inte den borde kosta mer än 2000 kr.”

– Ahmed Al-Kodri

5.6 Kostnadsförslag

Material	Kostnad i kr
QAM-TX1 sändarmodul (2 st)	90
QAM-RX2 mottagarmodul	55
RF600D - avkodare	80
RF600E - kodare (2 st)	80
Tryckströmställare (4 st)	50
Div. aktiva komponenter	25
Div. passiva komponenter	25
Vibrator	45
1/4-vågs antenn (2 st)	30
Kopparlaminat (dubbelsidiga)	40
Standard flaggor med roterande flagghållare	135
Handtag m. mjukt grepp (2 st)	100
Batterier + adaptrar	25
Inkapsling av mottagare	90
Vattentät armband för mottagare	20
Totalt	890

Kostnaderna som angetts i tabellen är baserade på tillverkning av en prototyp. Genom att masstillverka systemet kommer materialkostnaderna att minska och ett gynnsamt ekonomiskt pris kan uppnås. Det lägsta priset för nuvarande etablerade signalflaggsystem är 4995 kr vilket gör att priset för vårt system kommer bli mycket ekonomiskt. Det totala priset skulle hamna inom intervallet för vad Skånes fotbollsdomare anser vara rimligt (se avsnitt 5.7, fråga 8) vilket motsvarar en väsentlig skillnad mot vad dagens etablerade system kostar. Bild över den slutgiltiga prototypen av signalflaggsystemet finns som bilaga 6.

5.7 Marknadsundersökning

Undersökningen skickades ut till 530 fotbollsdomare i Skåne. Det var 236 svarande deltagare, vilket motsvarar 42,4 %. Av de som svarat på enkäten var det 216 personer som fullständigt avslutade enkäten, d.v.s. svarade på alla frågor i enkäten, vilket motsvarar 91,5 %. Mallen för frågorna i enkäten finns som bilaga 5. Andelen kvinnor som dömer fotboll i Skåne är 6,6 % och av dessa var det 25,7 % som deltog i undersökningen. Andelen män som dömer fotboll är 93,4 % och andelen som deltog i undersökningen var 40,6 %. Representanter från alla Skånes domarklubbar har deltagit i undersökningen och fördelningen av ålder/kön samt klubb visas i diagrammen 1 och 2.

Syftet med marknadsundersökningen var att få kännedom om efterfrågan för ett trådlöst signalflaggssystem bland fotbollsdomare. Undersökningen gav synpunkter och insikt om vilka egenskaper domare anser att systemet bör ha samt vilket pris som är rimligt för att det skall vara lönsamt att införskaffa i de lägre divisionerna. Majoriteten av domarna, ca 70 %, menar att systemet behövs bland domarna och ca 82 % kan tänkas äga det. Vidare anses att det nuvarande systemet är alldeles för dyrt och att ett rimligt pris borde ligga mellan 1000-2000 kr. Undersökningen gav även möjlighet till fria synpunkter gällande systemet. Majoriteten ansåg att systemet är ett väldigt bra hjälpmedel som underlättar kommunikationen mellan domarna. Förutom priset tyckte domarna att väsentliga egenskaper för systemet är användarvänlighet och kvalitet. Cirka 7 % av deltagarna i undersökningen tyckte inte att redskapet var nödvändigt i de lägre divisionerna och 11 % hade ingen åsikt gällande systemet.

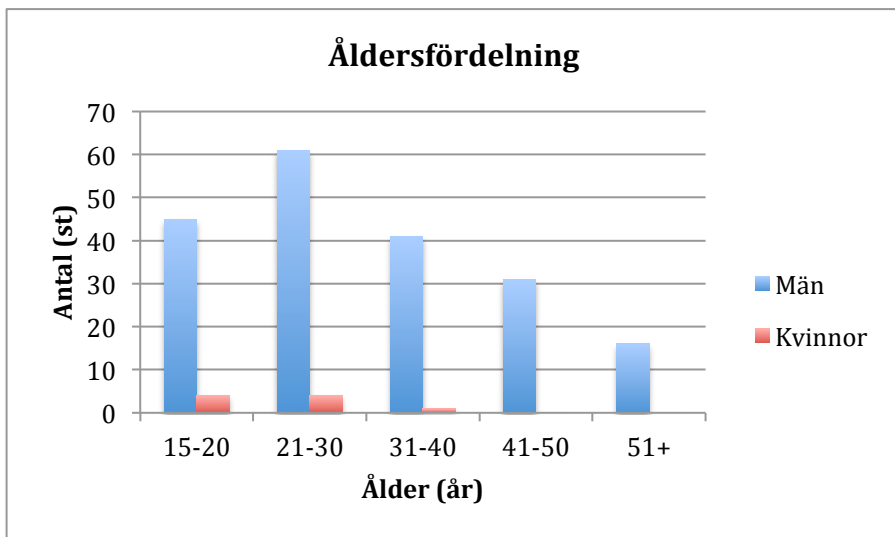


Diagram 1: Åldersfördelning av deltagarna i marknadsundersökningen.

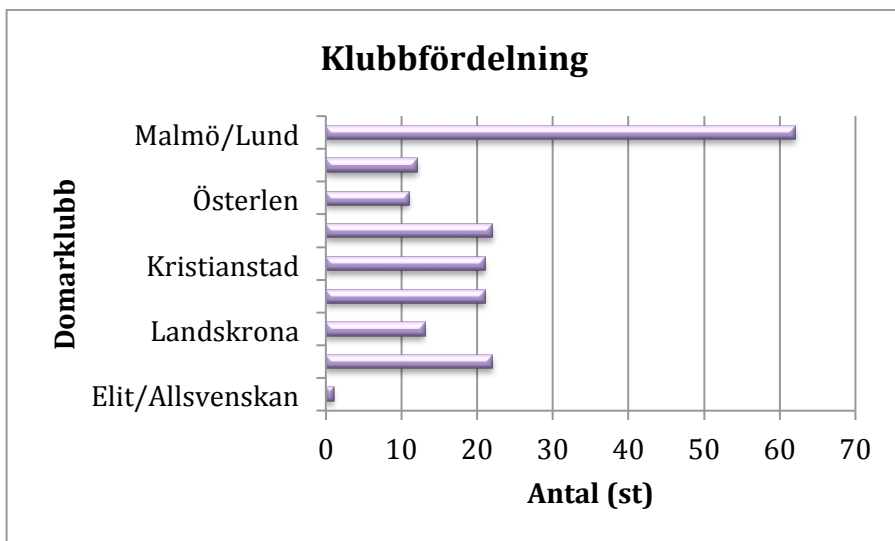
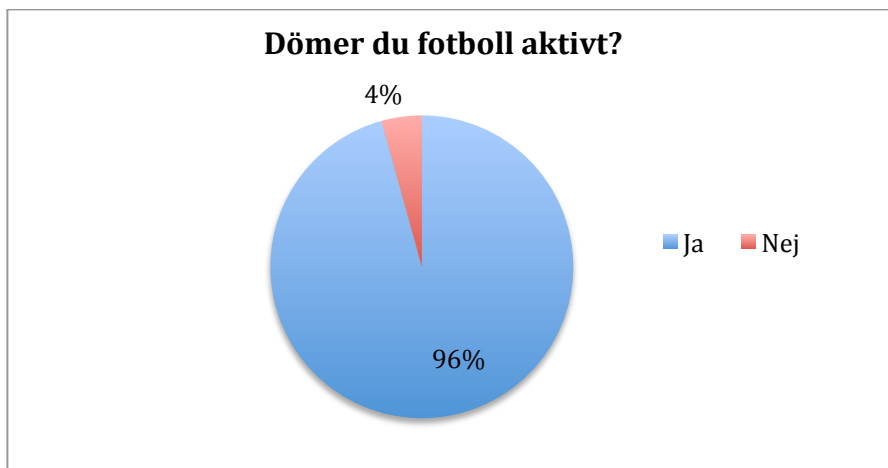


Diagram 2: Klubb fördelningen av deltagarna i marknadsundersökningen.

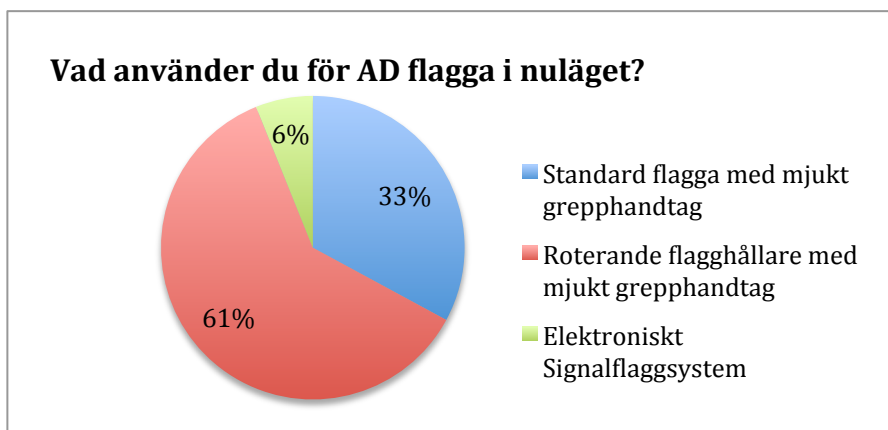
Fråga 1: Dömer du fotboll aktivt? (Som AD och/eller HD)

	Resultat i procent (%)	Resultat i antal (st)
Ja	97,5	225
Nej	4,3	10



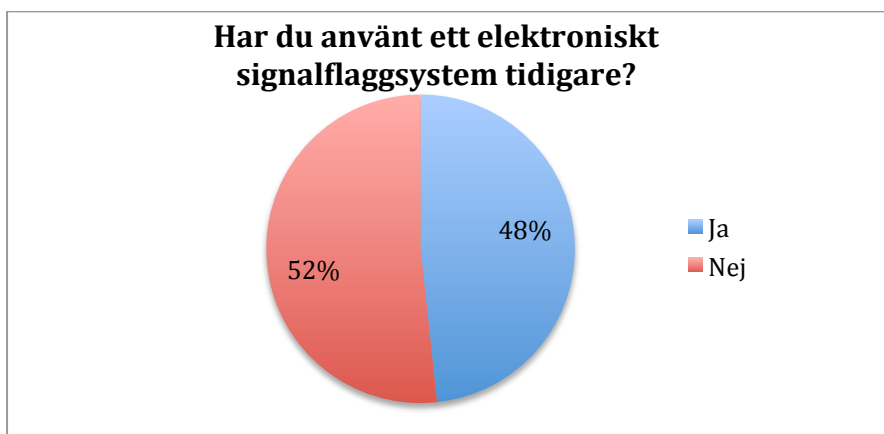
Fråga 2: Vad använder du för AD flagga i nuläget?

	Resultat i procent (%)	Resultat i antal (st)
Standard flagga med mjukt grepphandtag	32,9	76
Roterande flagghållare med mjukt grepphandtag	61,0	141
Elektroniskt Signalflaggsystem	6,1	14



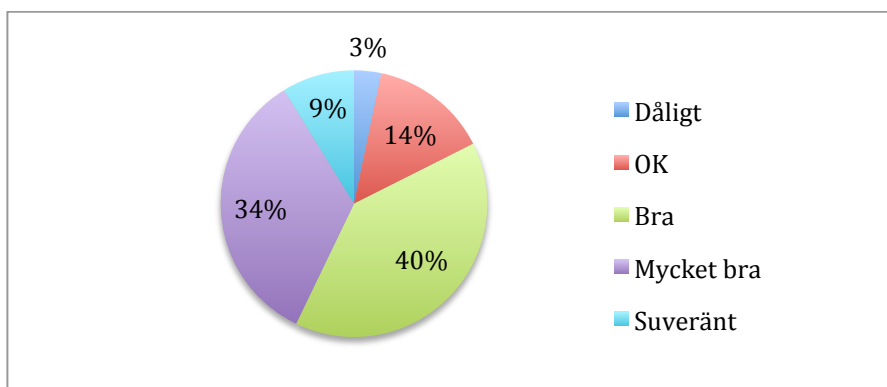
Fråga 3: Har du använt ett elektroniskt signalflaggsystem tidigare?

	Resultat i procent (%)	Resultat i antal (st)
Ja	48,3	114
Nej	51,7	122
Om Ja! Vad var ditt intryck av systemet?	79,8	91



Resultat över 91 personers intryck av systemet.

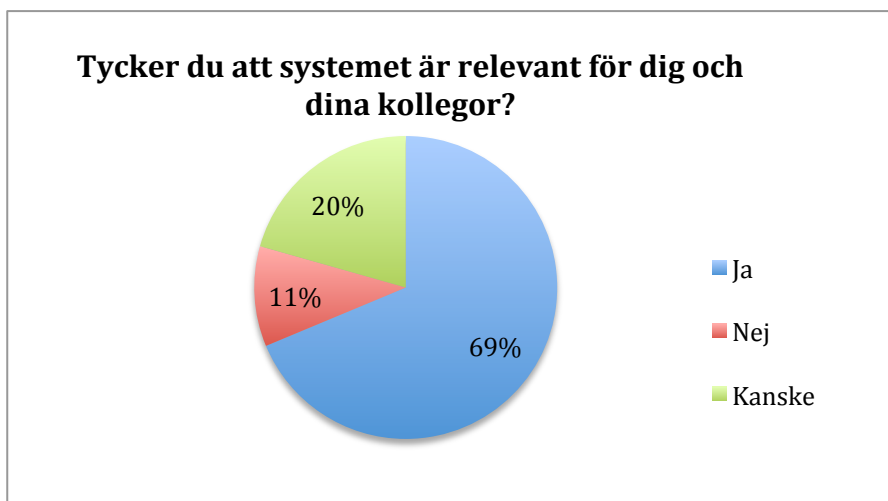
	Resultat i procent (%)	Resultat i antal (st)
Dåligt	3	3
OK	14	13
Bra	40	36
Mycket bra	34	31
Suveränt	9	8



Övriga kommentarer: osmidig, tjock skaft, stora handtag, tunga handtag, respons att signal mottagits, omodernt att mottagaren piper så alla hör, kunskap krävs för användning, anpassat för stora händer, knappen för långt fram.

Fråga 4: Tycker du att systemet är relevant för dig och dina kollegor?

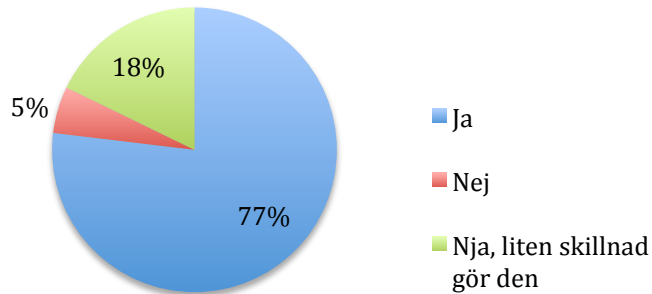
	Resultat i procent (%)	Resultat i antal (st)
Ja	68,7	160
Nej	10,7	25
Kanske	20,6	48



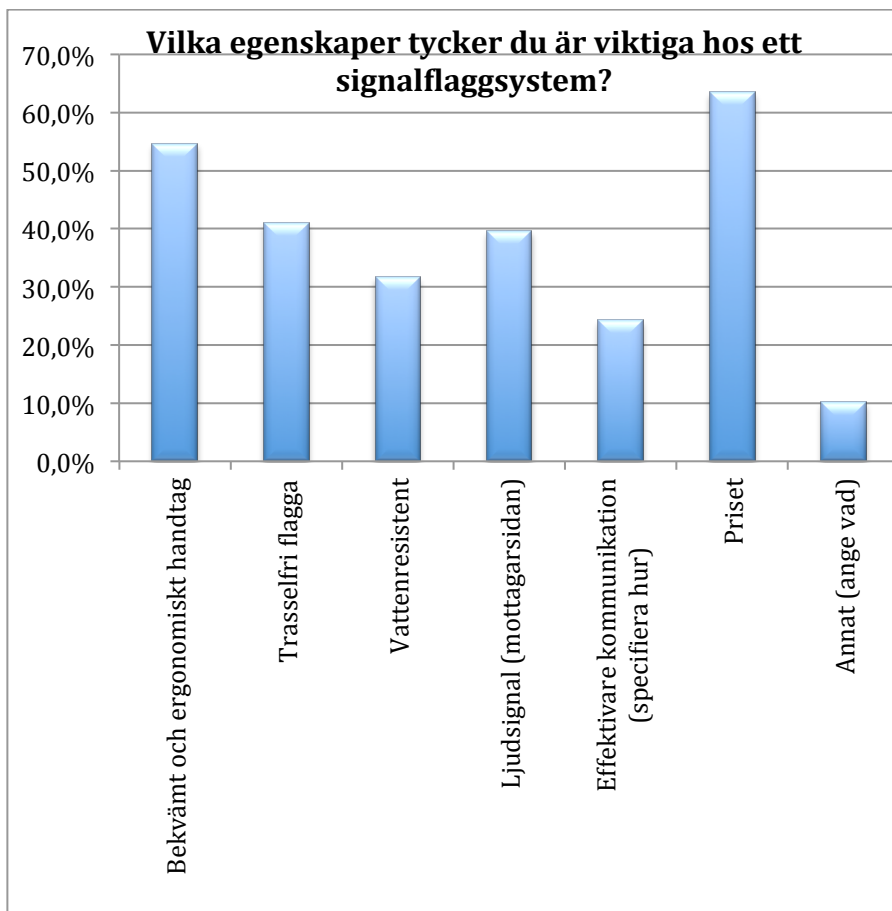
Fråga 5: Tycker du att systemet för en signifikant skillnad för domare under en match?

	Resultat i procent (%)	Resultat i antal (st)
Ja	76,9	173
Nej	5,3	12
Nja, liten skillnad gör den	17,8	40

Tycker du att systemet gör en signifikant skillnad för domare under en match?



Fråga 6: Vilka egenskaper tycker du är viktiga hos ett signalflaggsystem?

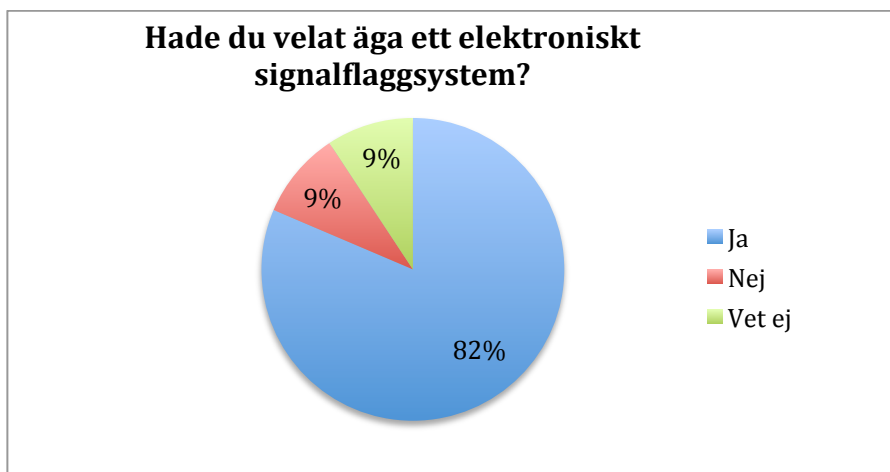


Övriga egenskaper som domare ansågs vara viktiga hos ett flaggsystem är:

- Inte klumpiga
- Funktionssäkert
- Indikation att signal skickas från sändare genom vibration eller ljud
- Effektivt batteriutbyte
- Hållbarhet
- Ekonomiskt pris
- Laddningsbara

Fråga 7: Hade du velat äga ett elektroniskt signalflaggsystem?

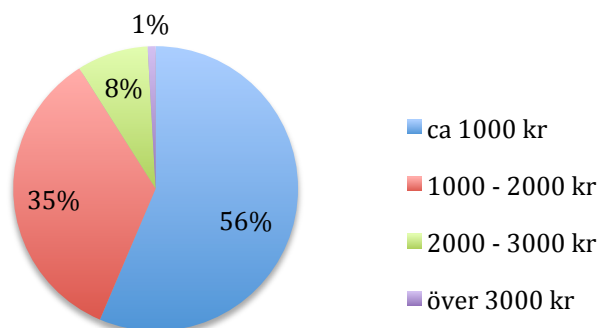
	Resultat i procent (%)	Resultat i antal (st)
Ja	81,5	176
Nej	9,3	20
Vet ej	9,3	20



Fråga 8: Vad anser du är ett rimligt pris för systemet? (Armband med mottagare + 2 flaggor)

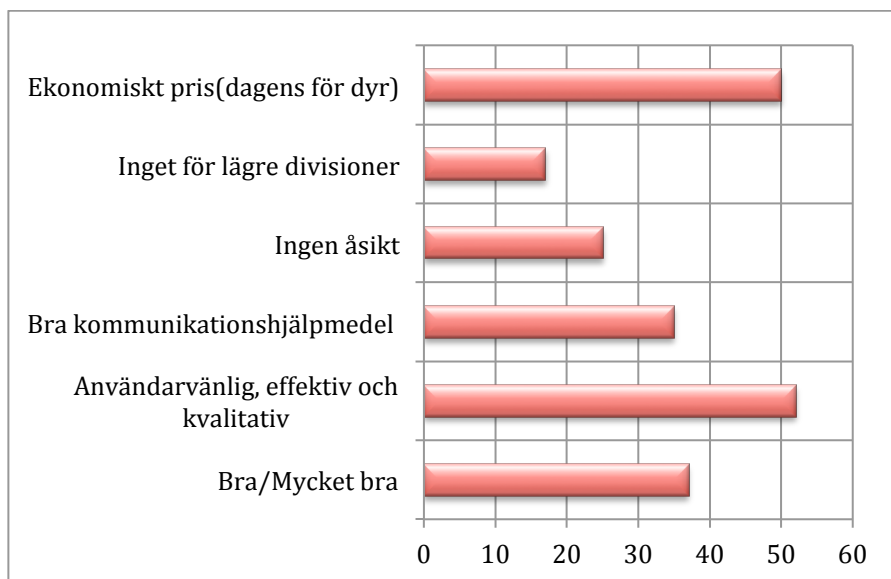
	Resultat i procent (%)	Resultat i antal (st)
Ca 1000 kr	56,4	119
1000 – 2000 kr	34,6	73
2000 – 3000 kr	8,1	17
Över 3000 kr	0,9	2

Vad anser du är ett rimligt pris för ett signalflaggsystem?



Fråga 9: Vad har Du för tankar om systemet? (fria ord)

Ett diagram som visar 216 domares åsikter om systemet framställs nedan.



6. Slutsats och framtidsutveckling

Med marknadsundersökning som grund utformades vårt system mot domarnas kritiska synpunkter kring dagens etablerade signalflaggsystem. Dessa har handtag som är stora, klumpiga och tunga. Därför baserades våra handtag på att vara ergonomiska och lätta i handen med en lättåtkomlig knapp, vilken snabbt kan kommas åt i en stressad situation. Nästa anmärkning är användarvänligheten där vårt system är väldigt lätt att använda för alla människor oberoende av ålder och teknisk bakgrund. Bytet av batterier är effektivt och okomplicerat där endast en skruv behöver lösgöras för åtkomst till batteriet.

Priset anses vara den största faktorn för införskaffandet av ett trådlöst signalflaggsystem. Vårt signalflaggsystem tillverkades ekonomiskt och har ett väsentligt lägre pris, ca 60 %, jämfört med marknads etablerade system, En sådan prisskillnad anses vara en mycket bra anledning för fotbollsdomare att köpa vårt signalflaggsystem.

En annan egenskap som efterlystes av domare i marknadsundersökningen var att eventuellt ha vibratorsignal på handtagen så att AD vet när signal har skickats. AD har i nuläget ingen indikation på att signal har skickats samt mottagits av HD. En tillämpning som mottagaren hos de etablerade systemen har är, utöver en vibrationssignal, en varierande ljudsignal beroende på vilken AD som skickar signalen. Detta skulle eventuellt kunna implementeras i en framtida utveckling.

På sändarsidan, d.v.s. på handtagen, kan antennen förbättras genom bättre matchning för att uppnå längre optimal räckvidd. Knappen sticker ut lite för mycket och att minska detta till hälften skulle göra en stor skillnad och

vara en estetisk förbättring för handtagen. Dagens etablerade system har dubbla knappar, som fyller exakt samma funktion och detta är något som vissa domare påpekade i den utskickade marknadsundersökningen. Dubbla knappar används för att enklast komma åt knappen, eftersom en domare brukar skifta flaggan mellan höger och vänster hand när han/hon springer längs linjen, detta för att uppfylla kriteriet att flaggan alltid måste vara vänd mot planen.

På mottagarsidan kan de flesta förbättringarna göras. Mottagarlådan är aningen stor och ”klumpig”. Lådan skulle kunna minskas med 16 % på längd och bredd och tjockleken skulle bli 33 % mindre. Den nya lådans dimensioner blir då 90x50x16 mm. Ett högspänningsbatteri på 12 V skulle då användas istället för 9 V batteriet i nuvarande prototyp. Anledningen till att ett 12 V batteri skulle användas är att den är mycket mindre till storleken samt att den ger en ökad livslängd. Priset är något högre än ett 9 V batteri men prisskillnaden är inte stor nog att påverka totala priset på systemet. Dock är 12 V batterierna mindre vanliga och finns endast tillgängliga hos särskilda batteriåterförsäljare. Detta skulle göra mottagaren mycket smidigare att bära runt armen och knappt synas utanpå tröjan. Med tanke på att en domare springer runt i 90 min skulle de nya dimensionerna uppskattas högt av huvuddomaren.

Mottagaren har en *learn*-knapp som lär känna upp till 7 unika sändare. Sedan finns det två lysdioder, där ena är en statuslampa för parkopplingsprocessen samt dataöverföringen och den andra en statuslampa som visar indikation på lågt batteri på sändarna. Denna knapp samt dessa två statuslampor skulle kunna finnas på mottagarens utsida för enklare hantering av användaren.

7. Bilagor

1. Maxwells ekvationer

1. $\nabla \cdot D = \rho_f$ $J =$ Strömtäthet
2. $\nabla \cdot B = 0$ $\rho =$ Laddningstäthet
3. $\nabla \cdot E = -\frac{\partial B}{\partial t}$
4. $\nabla \cdot E = J_f + \frac{\partial D}{\partial t}$

Beskrivning av ekvationerna:

1. Gauss lag, beskriver hur elektriska fält uppstår från elektriska laddningar.
2. Beskriver att s.k. magnetiska monopoler ("magnetiska laddningar") inte existerar.
3. Faradays induktionslag, beskriver uppkommelsen av elektriska fält från variationer i magnetiska fält.
4. Amperes lag med Maxwells korrektion, beskriver uppkommelsen av magnetiska fält från variationer i elektriska fält.

Magnetiska fälten beskrivs av:

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$$

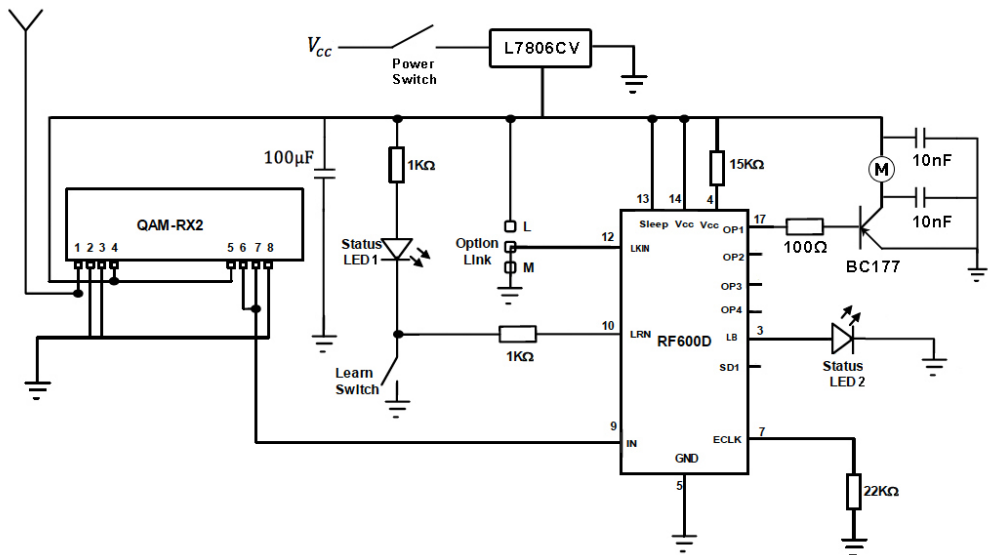
$H =$ Magnetiska induktionen,
 $\mu_0 =$ Permeabiliteten för vakuum,
 $\mu_r =$ Relativa permeabiliteten.

De elektriska fälten beskrivs av:

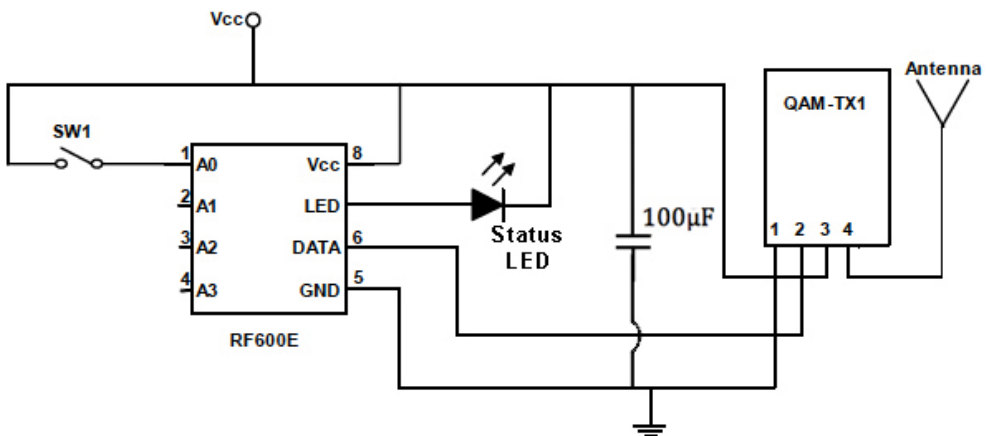
$$D = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot E$$

$D =$ Elektriska förskjutningsfältet,
 $\varepsilon_0 =$ Dielektricitetskonstanten för vakuum,
 $\varepsilon_r =$ Relativa dielektricitetskonstanten.

2. Krettschema över kretskorten



Krettschema över mottagarkretskortet.



Krettschema över sändarkretskortet.

3. Patentansökan, EP0678837



11 Publication number: **0 678 837 A1**

12 **EUROPEAN PATENT APPLICATION**

21 Application number: **95830136.8**

51 Int. Cl.⁶ **G08B 1/08**, G08B 6/00,
A63B 71/06

22 Date of filing: **07.04.95**

30 Priority: **13.04.94 IT PD940071**

71 Applicant: **Marano, Gianfranco**
Via A. Garibaldi N. 49
I-45100 Rovigo (IT)

43 Date of publication of application:
25.10.95 Bulletin 95/43

72 Inventor: **Marano, Gianfranco**
Via A. Garibaldi N. 49
I-45100 Rovigo (IT)

54 Designated Contracting States:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE LI MC NL
PT SE

54 **Transmitter in the flag of linesman activates referee worn receiver having vibrating or acoustic outputs.**

57 It is a flag with a tele-signalling device which emits a vibratory or sonorous signal (or any other signal not based on the visual channel). By operating on the flag directly or pressing a button or another device the signaller sends a signal that is immediately received by the receiver.

The signaller is allowed to coordinate the moment of the starting, the duration and the end of the signal with the corresponding chronology of the event about which he intends to communicate with the receiver (event A).

Since the message about the event (A) is perceived by means of a sensory channel different from the visual one (vibratory or sonorous), the receiver can use the visual sensory channel to focus attention upon another event (B) which may occur in a place far from (A).

In this way the receiver is able to compare exactly the chronology of (A) and (B), by comparing the visual perception of (B) with the vibratory perception of (A).

EP 0 678 837 A1

Nowadays there are many situations where a danger signal, or a signal of other type, is expressed by means of flags, bright torches or other visible objects.

In these different conditions the transmission of the message follows these steps: a) the releasing of a signal by the transmitting subject by means of a motor action such as raising, shaking or swinging the flag or the torch; b) the transmission of the signal through the space; c) the reception of the signal by the receiver by means of the visual sensory channel; d) the interpretation by the receiver of the message codified in the signal.

In the football game, for example, the observance of some important rules is assured by a referee and two linesmen who collaborate with him. The linesmen signal to the referee the irregular position or behavior of players (such as the off-side, the condition of last defender, a foul committed in a place far from the ball, etc.) or other events concerning the ball (going out of the lateral or goal line).

The linesman sends the signal by raising the flag and the referee receives it by means of its visual sensory channel. The referee interprets the signal in the sense that the event the signal is referred to is actually occurred.

The limit of the traditional message transmission with flags consists in the fact that the message transmitted is of the "all or nothing" type. Namely, the downward position is intended to mean that the event has not occurred while the upward position is intended to mean that the event has actually occurred. In many situations there would be an evident advantage in transmitting a more articulated message carrying out a greater amount of information.

In the use of flags as signallers in the football game, it would be particularly important to be able to convey more detailed temporal information about the beginning, the duration and the conclusion of the event. In fact the referee has to correlate two events occurring in different locations of the ground.

In the off-side, for example, the referee has to stop the game only if a player of the attacking team is beyond the imaginary line tangential to the last player of the defending team; however the off-side position is relevant only if it occurs before the player who is controlling the ball kicks it with the intention of reaching exactly the player in the off-side position.

At present both the referee and the linesman have to look alternatively at the player who is controlling the ball and at the player in the potential off-side position.

That's why at the very moment in which the ball is kicked they should both be looking at the

same player. In any case, according to technical instructions of several Referees' Associations the decision about the off-side is committed to the linesman.

The invention described here has the advantage of improving the reliability of the manual signalling, allowing the transmission of a more detailed message as far as it concerns the beginning, the duration and the end of the event. Furthermore, the invention allows the receiver to decodify the message completely by the cooperation of two perceptual channels.

Specifically the invention combines two signal sources into the same signalling set (tele-signalling flag) of : the first addressed to the visual and the second to the vibratory sensory channel of the receiver.

The tele-signalling appliance placed into the flag transmits the signal to the receiver (for example the referee or the other linesman).

The signal may be sent by raising the arm or by pressing an activation device. The signal is detected by the receiver through a receiving appliance.

The advantages offered by the present invention consist in the simplification and clear definition of the following points: a) the signaller records only the event (A) and not the event (B) which has to be chronologically correlated with (A). He uses only one perceptual channel (f. e. the visual or auditory channel) and detects the onset, the duration and the end of the event (A); b) the signaller, by actioning the flag, transmits both a visual and vibratory (or of other type) signal which is in perfect temporal synchrony with the event A (the signal starts with the beginning of the event and stops when the event ends); c) the receiver can visually concentrate only on the event (B) and thus easily compare the chronology of (A) and (B); in fact at this point the receiver has only to decide if the vibratory stimulus (synchronous with (A)) reached him before, simultaneously or after the beginning of the event (B) visually perceived.

The appliance works on batteries or can be rechargeable assuring an uninterrupted functionality; moreover it can be made watertight.

As a not restrictive example a practical realization of the invention is here shown.

Figure 1 shows an application concerning a tele-signalling flag for linesmen in foot-ball (or other sports).

In the handle M there is the battery for energy feeding and the transmitter R, which is controlled by the device P or by the mechanical modification of O and A caused by the lifting of the flag. The transmitter induces in the receiving set V (or L or X) which is in contact with the epidermis of the receiver, a vibratory response of adequate inten-

sity, which lasts as long as the device P is kept pressed or the flag is kept in vertical position.

These schematic shapes are sufficient to an expert person for the realization of the invention; consequently, in the actual realization there could be some variations without altering the essence of the innovating concept. 5

Therefore, with reference to the preceding description and to the drawing acclued, the following claims are made. 10

Claims

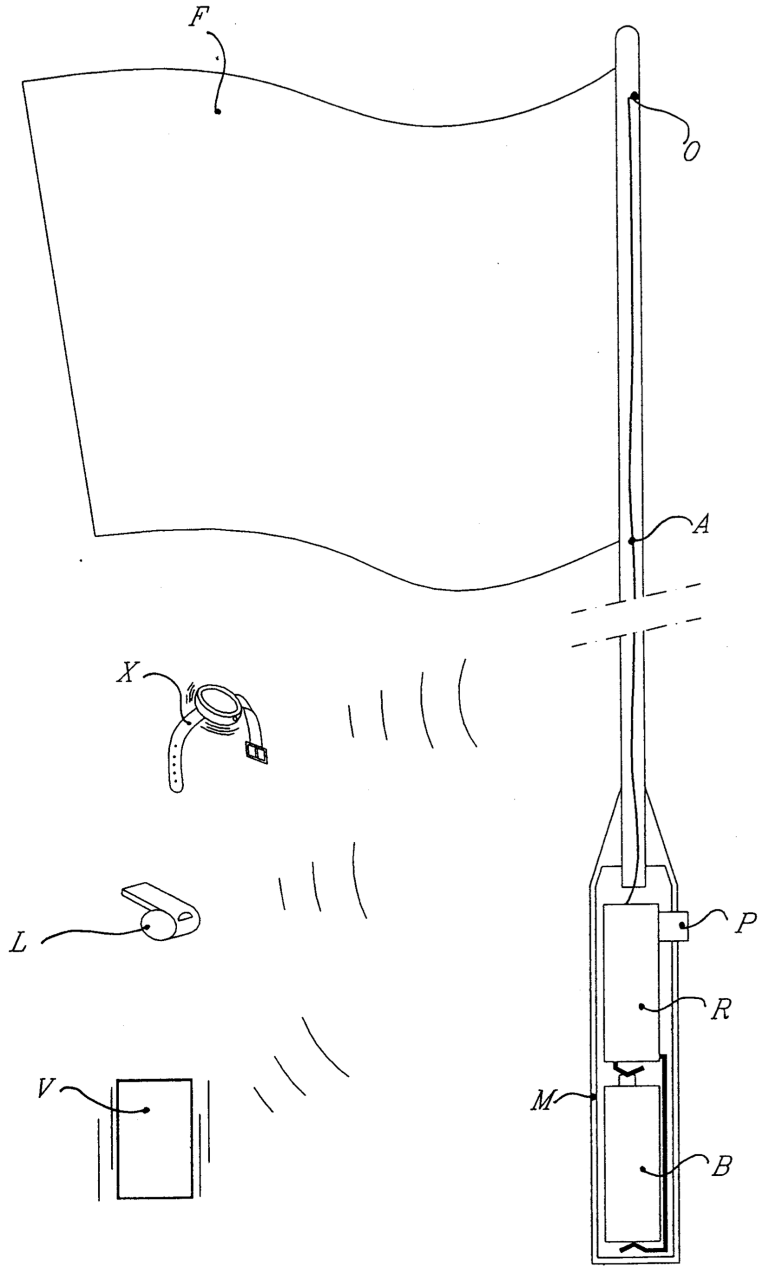
1. Flag with telesignaller emitting a vibratory or sonorous signal (it can be synchronous with the movement of the arm actioning the flag). The duration of the signal is controlled by the signaller so that there is a chronological coincidence between the signal and the duration of the target event. In this way the subject holding the receiving device can compare precisely the chronology of the event (A) signalled by the vibratory or sonorous stimulus with that of another event (B) perceived by means of the visual sensory channel. 15
20
25
2. Flag with tele-segnalling device characterized by the preceding claims in such a way that its production and commercialization are covered by the protection of the present patent for industrial inventions, everything as described and illustrated. 30

35

40

45

50





DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.6)
Y	DE-A-31 20 584 (KRUMBHOLZ,W.) * the whole document * ---	1,2	G08B1/08 G08B6/00 A63B71/06
Y	GB-A-2 179 775 (BURROUGHS CORP.) * abstract * -----	1,2	
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.6)
			G08B A63B
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 25 July 1995	Examiner Sgura, S
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS		T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document	
X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document			

EPC FORM 1503 (03.92) (P/IntCl.6)

4. Återkallat patent, EP0678837

006104)EPASYS
European Patent Office - GD2

DIRECTORATE : 2215
02/03/00

32

Closure of the procedure in respect of Application No.95830136.8

I. Submit with the dossier to the Formalities Officer

II. Findings

1. The procedure in respect of the above application is closed for the following reason:

WDRA 00.00.00 - The application has been withdrawn.
PLEASE REVIEW REFUND OF EXAMINATION FEE (75%)

REFU /00.00.00 - The time limit under Art.108 EPC has expired. No appeal, or request/application under Art. 121 or 122 EPC has been filed.

ADWI 09/01.12.99 - The time limit under R 69(2) EPC has expired. No request/application under R 69(2), or Art. 121 or 122 has been filed.

2. The following EPASYS situation has been verified relative to point 1 and 3:

DFIL: 07.04.95
NOAP: /00.00.00/00.00.00/00.00.00/
RDEC: /00.00.00/(00.00.00)/
RFPR: 00.00.00/00.00.00//
REES: /00.00.00/00.00.00//(00.00.00)

REFU 3 /ADWI 3 and DEAD were coded on ... 03.03.00 Pm

31/1/99

3. Position regarding fees. The following fees have been paid:

FFEE(1)	001	00011584	05.05.95	ITL	489 600,00		
FFEE(1)	001	00018929	22.08.95	ITL	103 200,00		
SFEE(1)	002	00011584	05.05.95	ITL	1 939 000,00		
SFEE(1)	002	00018929	22.08.95	ITL	407 000,00		
DEST(3)	005	00011584	05.05.95	ITL	4 641 000,00		
DEST(3)	005	00018929	22.08.95	ITL	1 407 000,00		
EXAM(2)	006	00017043	09.07.96	ITL	3 084 000,00		
EXAM(2)	006	00024617	02.11.96	ITL	616 800,00-		
RFEE 03	033	00029090	29.10.97	ITL	780 000,00		
RFEE 03	033	00031678	01.12.97	ITL	22 000,00-		
RFEE 04	034	00033499	02.11.98	ITL	808 000,00		
RFEE 05	035	00035900	03.11.99	ITL	840 341,00	Refund	
PFEE EX	053	00017043	09.07.96	ITL	1 458 000,00		
PFEE EX	053	00024617	02.11.96	ITL	224 400,00-		
PFEE 03	093	00029090	29.10.97	ITL	78 000,00		
PFEE 04	094	00033499	02.11.98	ITL	80 000,00		
PFEE 05	095	00035900	03.11.99	ITL	84 034,00	Refund	
TOTAL:					ITL	15 335 975,00	

RFAC
07.11.99

Costs verified. Refund(s) ordered on ... 03.03.00 Pm

5. Marknadsundersökningsformulär

Signalflaggsystem för fotbollsdomare
Marknadsundersökning till ett Examensarbete
<p>Syftet med denna marknadsundersökning är att samla in information om intresset för ett elektroniskt signalflaggsystem, samt skapa en förståelse för efterfrågan och konsumenternas behov. Vår affärsidé är att utveckla ett alternativt signalflaggsystem till ett ekonomiskt pris, för att möjliggöra för fler domare i alla divisioner att införskaffa det. Vi vill därför ta reda på vad domare egentligen tycker om detta system och vilka önskemål det finns. Detta projekt är ett examensarbete på Lunds Tekniska Högskola och marknadsundersökningen är kort och tar ca 2-3 min att göra.</p> <p>Elektroniskt flaggsystem används i de högre divisionerna i Sverige och runt om i världen. Systemet är till för att underlätta kommunikationen mellan AD och HD. AD har en knapp på sin flagga som vid tryck skickar en signal till en mottagare som sitter runt armen på HD. Mottagaren vibrerar kraftigt och på så sätt uppkallas HDs uppmärksamhet. Detta möjliggör för HDn att ha ögonen på spelet samtidigt som han/hon inte mister kontakt med sina AD.</p> <p>Tack för visat intresse!</p> <p>1. Dömer du fotboll aktivt? (Både som AD och HD)</p> <p><input type="radio"/> Ja</p> <p><input type="radio"/> Nej</p> <p>2. Vad använder du för AD flagga i nuläget?</p> <p><input type="radio"/> Standard flagga med mjukt grepphandtag</p> <p><input type="radio"/> Roterande flagghållare med mjukt grepphandtag</p> <p><input type="radio"/> Elektroniskt Signalflaggsystem</p> <p>Annat (Ange vad)</p> <input type="text"/>
<p>3. Har du använt ett elektroniskt flaggsystem tidigare?</p> <p><input type="radio"/> Ja</p> <p><input type="radio"/> Nej</p> <p>Om Ja! Vad var ditt intryck av systemet?</p> <input type="text"/>
<p>4. Tycker du att systemet är relevant för dig och dina kollegor?</p> <p><input type="radio"/> Ja</p> <p><input type="radio"/> Nej</p> <p><input type="radio"/> Kanske</p>

Signalflaggsystem för fotbollsdomare

5. Tycker du att systemet gör en signifikant skillnad för domare under en match?

- Ja
- Nej
- Nja, liten skillnad gör den

6. Vilka egenskaper tycker du är viktiga hos ett sådan signalflaggsystem?

- Bekvämt och ergonomiskt handtag
- Trasselfri flagga
- Vattenresistent
- Ljudsignal (mottagarsidan)
- Effektivare kommunikation (specifiera hur)
- Priset

- Annat (ange vad)

7. Hade du velat äga ett elektroniskt signalflaggsystem?

- Ja
- Nej
- Vet ej

8. Vad anser du är ett rimligt pris för ett signalflaggsystem? (Armband med mottagare + 2 flaggor)

- ca 1000 kr
- 1000 - 2000 kr
- 2000 - 3000 kr
- över 3000 kr

9. Vad har du för tankar om systemet? (fria ord)

10. Vänligen fyll i informationen nedan:

Kön:

Ålder:

Erfarenhet (år):

Behörighet (HD/AD):

Domarklubb:

6. Trådlöst signalflaggsystem, slutgiltig prototyp



8. Referenser

Komponenter:

- [1] Elfa Distrelec AB, <http://www.elfa.se>, [2012]
- [2] Farnell Element 14, <http://se.farnell.com/>, [2012]
- [3] Precision Microdrives, <http://www.precisionmicrodrives.com/>, [2012]
- [4] RF Solutions, <http://rfsolutions.co.uk/>, [2012]
- [5] Kjell och Company, <http://www.kjell.com/>, [2012]
- [6] Ebay Inc, www.ebay.com, [2012]

El. kretsar (sändare & mottagare):

- [7] Hobby Projects, http://www.hobbyprojects.com/T/transmitter_circuits.html, [2011-11]
- [8] Circuit Diagram, http://www.circuitdiagram.org/radio_rf_circuits.html, [2011-11]
- [9] Reynolds Electronics, http://www.rentron.com/rf_remote_control.htm, [2011-11]

Antenn:

- [10] Institutionen för Elektro- och informationsteknik, 2010-10-20, <http://www.eit.lth.se/fileadmin/eit/home/scd.gkr/Kompendier/Antennskrift.pdf> [2012-02]
- [11] Radio Pro Shop, <http://radioproshop.com/antennaconcepts.htm>, [2012-02]
- [12] National Radio Astronomy Observatory, <http://www.cv.nrao.edu/course/ast534/AntennaTheory.html>, [2012-01]
- [13] Antenna Theory, 2009, <http://www.antenna-theory.com>, [2012-01]
- [14] Microwaves, 2011-07-16, <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/absorbingradar1.cfm>, [2012-01]
- [15] Wikipedia, 2012-08-29, http://en.wikipedia.org/wiki/Fraunhofer_distance, [2012-02]
- [16] Wikipedia, 2012-07-09, http://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_measurement, [2012-02]
- [17] Wikipedia, 2012-08-26, [http://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_\(radio\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_(radio)), [2012-02]

Radio Kommunikation (RF):

- [18] InetDeamon, 2012-08-18, http://www.inetdaemon.com/tutorials/basic_concepts/communication/duplex_vs_simplex.shtml, [2012-09]
- [19] Go Certify, 2009-09-16, <http://www.gocertify.com/images/downloads/carpenter-cwts-ch02.pdf>, [2012-02]
- [20] Layad Circuits, 2009-04-18, http://www.layadcircuits.com/index.php?option=com_content&view=article&id=47:basics-of-radio-communications, [2012-02]
- [21] Texas Instruments, 2006, <http://www.ti.com/lit/ml/slap127/slap127.pdf>, [2011-12]
- [22] Wikipedia, 2012-10-17, http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation, [2012-03]
- [23] Wikipedia, 2012-10-18, <http://en.wikipedia.org/wiki/Radio>, [2012-03]

Modulering:

- [24] Macquarie University, Sydney Australia, http://engineering.mq.edu.au/~cl/files_pdf/elec321/lect_mask.pdf, [2012-09]
- [25] Turbo Blog, <http://turboblogsite.com>, [2012-09]
- [26] Electronics Radio Today, http://www.electronics-radio.com/articles/radio/modulation/amplitude_modulation/am.php, [2012-09]

- [27] Higher Education, McGraw Hill, <http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0073107042/462278/Chapter03.pdf>, [2012-09]
- [28] University of St Andrews, http://www.st-andrews.ac.uk/~jcgl/Scots_Guide/RadCom/intro.html, [2012-09]
- [29] Radio Electronics, Resources and analysis for Electronics Engineers, <http://www.radio-electronics.com/>, [2012-09]
- [30] Artech House, http://www.artechhouse.com/uploads/public/documents/chapters/Xiong_863_CH04.pdf, [2012-09]
- [31] Scribd, The Worlds Largest Online Library, <http://www.scribd.com/doc/19166806/Digital-Modulation-Techniques>, [2012-09]
- [32] Staffordshire University, [http://www.fcet.staffs.ac.uk/alg1/2004_5/Semester_1/Communications,%20COMMS%20\(CE00038-2\)/6COMMS.pdf](http://www.fcet.staffs.ac.uk/alg1/2004_5/Semester_1/Communications,%20COMMS%20(CE00038-2)/6COMMS.pdf), [2012-09]
- [33] The University of Akron, NASA seminarium, <http://www.ecgf.uakron.edu/ugweje/web/Research/Publication/NASAseminarLecture3.PDF>, [2012-09]
- [34] WJ Communications Inc, 1980, http://www.xn--sten-cpa.se/share/text/tekst/digital-modulation/FSK_signals_demod.pdf, [2012-09]
- [35] My Best Notes, <http://www.mybestnotes.co.in/notes/modulation-analog-digital.php>, [2012-09]
- [36] Adhnan KP Homepage. <http://kpadhnan.files.wordpress.com/2011/11/fsk.pdf>, [2012-10]

Kretskortstillverkning:

- [37] Kenneth Johanssons hemsida, 2001-08-12, <http://www.kennethshem.se/Moensterkorttips.html>, [2012-09-16]
- [38] Radio-Electronics.com, <http://www.radio-electronics.com/info/manufacture/manufacture/pcb/pcb-manufacturing-process.php>, [2012-09-16]
- [39] Dr. Lex' Site, <http://www.dr-lex.be/hardware/tonertransfer.html>, [2012-09-16]
- [40] Technick, http://www.technick.net/public/code/cp_dpage.php?aiocp_dp=guide_pcb, [2012-09-16]
- [41] Grand Valley State University, <http://claymore.engineer.gvsu.edu/~steriana/Publications/ASterian.ASEE2001big.pdf>, [2012-09-19]
- [42] Wikipedia, 2012-08-20, http://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board_milling, [2012-09-19]
- [43] Beställa kretskort, leverantörer: [2012-10-03]
<http://www.jetronic.se/kretskortstillverkning.htm>
<http://www.seedstudio.com/>
<http://www.kamitra.fi/se/>
<http://www.multicad.se/hem.html>
<http://www.multi-circuit-boards.eu/en/index.html>
<http://www.estek.se/produkter.html>

Marknadsundersökning:

- [44] Marknadsundersökning-se, <http://www.marknadsundersokning-se.se/>, [2012-03-25]
- [45] Entreprenörskolan, <http://www.entreprenorskola.se/marknad/hur-man-gor-en-marknadsundersokning>, [2012-03-25]
- [46] Paloma, <http://www.paloma.se/hur-gor-man-en-marknadsundersokning-del-1>, [2012-03-25]
- [47] SurveyMonkey, <http://sv.surveymonkey.com>, [2012-03-27]

Patent:

[48] Svenska Patent och Registreringsverket, <http://www.prv.se/>, [2011-11-04]

[49] Europeiska Patentverket, <http://www.epo.org/>, [2011-11-04]

[50] Patentansökan, EPO [2011-11-05]

<https://register.epo.org/espacenet/application?number=EP95830136&lng=en&tab=main>

http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=0678837&KC=&locale=en_EP&FT=E

Bilder:

[51] <http://sunearthday.gsfc.nasa.gov/2010/images/ttt71-fig4.jpg>

[52] <http://www.ti.com/lit/ml/slap127/slap127.pdf>

[53] <http://www.henrycountycr.com/sitebuilder/images/untitled-512x384.png>

[54] http://en.wikipedia.org/wiki/Radiation_pattern

[55] http://engineering.mq.edu.au/~cl/files_pdf/elec321/lect_mask.pdf

[56] http://www.xn--sten--sten-cpa.se/share/text/tektext/digital-modulation/FSK_signals_demod.pdf

[57] http://www.electronicdesign.com/content/content/64598/64598_fig02.gif

[58] http://www.atfspeed.com/images/atf_shop/cnc-mill.jpg

[59] https://catalog.precisionmicrodrives.com/uploads/files/media/jk_312-101iso.280.280_.jpg

[60] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/58/Manchester_encoding.svg/600px-Manchester_encoding.svg.png

[61] http://svenskfotboll.se/ImageVault/Images/id_55572/scope_0/ImageVaultHandler.aspx

[62] Privat bild / Egengjord bild