

# OPINNÄYTETYÖ (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Koneautomaatio

2017

Niko Jäppinen

## DISPLAY ON WINDOW

– Läpinäkyvänäyttö upotettuna tuulilasiin

Niko Jäppinen

## DISPLAY ON WINDOW

- Läpinäkyvä näyttö upotettuna tuulilasiin

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa läpinäkyviä näyttöjä, jotka on mahdollista laminoida oman tuulilasin väliin. Läpinäkyvän näytön vaatimuksina oli grafiikan esittäminen ja toiminta ilman projektorita. Karu, pimeä ja kylmä työmaa toivat omia vaatimuksia näytön toiminnalle. Jatkuvan tärinän sietäminen ja riittävän suuri toiminta-alue lämpötilalle olivat tärkeimpiä mekaanisia vaatimuksia. Näytön sijoittamista ja esitettävää tietoa ei rajattu millään tavalla, turvallisuus ja ergonomia sanelivat omalta osaltaan ehtoja. Kokoaikainen tiedon näyttäminen vie ajoneuvon kuljettajan huomion työn suorittamisesta näytön tuijottamiseen ja mahdollisesti aiheuttaa työpoissaoloja, kuten jäykistyneen niskan aiheuttamat vammat.

Useimmat näytöt toimivat SPI- tai LVDS-väylällä, eivätkä tämän opinnäytetyön näytöt tehneet poikkeusta. SPI-väylän tiedonsiirto kärsii yli 0,5 m pituisesta kaapelista, mutta tiedonsiirtotehokkuus ja väylän yksinkertaisuus ovat valtteja. LVDS-väylällä on vankka asema näyttöjen tiedonsiirrossa FPD-Link-sovelluksen ansiosta. Molemmat väylät ovat integroitavissa ajoneuvoissa käytettävään CAN-väylään. Väylien kontrollereissa on joko valmis integrointimahdollisuus, tai ne tarvitsevat väliin erillisen controllerin varmistamaan molemminpuolisen tiedon ymmärtämisen.

Ainoastaan Lumineq-nimisen yrityksen läpinäkyvä näyttö on laminoitavissa omaan tuulilasiin. Laminoinnista vastaavat Jaakko tuote oy ja Pilkington. Lumineqin näyttöjen heikkoutena on yksivärisuus ja litografia ja vahvuutena toimintavarmuus rajuissa olosuhteissa. OLED-näyttöjen valmistajat ovat vielä vastahakoisia tekemään yksittäisiä tuotteita korkean kustannusrakenteen takia. Tulevaisuuden taivutettavat ja printtaamalla valmistettavat näytöt tulevat tarjoamaan monenlaisia sovelluskohteita edullisemmin.

ASIASANAT:

Transparentti, OLED, Elektroluminesenssi, SPI, LVDS

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Machine Automation

2017 | 24

Timo Vaskikari

Author(s)

## DISPLAY ON WINDOW

- Transparent display embedded in the windshield

Purpose of this thesis was to study transparent displays that can be laminated between the vehicle's own windshields. The requirements of the transparent displays included the presentation of graphics and operating without the projector. The rugged, dark and cold construction site brought their own requirements for the operation of the transparent display. The tolerance of continuous vibration and a sufficiently large operating range of temperature were the most important mechanical requirements. The placement of the display and presented information was not limited in any way, but the terms were dictated by safety and ergonomics. Full-time information on the display takes the drivers attention off the working that might cause injuries, such as stiffness in the neck area.

Most of the displays work using the SPI or LVDS bus and the displays of this thesis did not make an exception. SPI-bus communication suffers when the cable is more than 0.5 m long but the data transfer efficiency and simplicity of the bus are the main assets. An LVDS bus has a solid position in the data transfer application of displays, thanks to the FPD-Link. Both busses are able to integrate into the CAN-bus, which is common for vehicles. The controllers of busses either have the interface for integration or they need the separate controller for the transmission of the data.

Only the transparent display of Lumineq can be laminated to a vehicle's own windshield, and Jaakko tuote oy and Pilkington execute the lamination. The weakness of Lumineq is monochrome displays and lithography, but the advantage is the ability to operate in rugged and harsh conditions. OLED display manufacturers are still reluctant to do individual products due to a high cost structure. The displays of the future will be bendable or manufactured by printing, which enabling new applications at lower price range.

KEYWORDS:

Transparent, OLED, Electroluminescent, SPI, LVDS

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 KALVONÄYTÖT</b>	<b>8</b>
2.1 OLED	8
2.2 TASEL	8
2.3 LCD	10
2.3.1 LED	10
2.4 Mahdolliset näytöt	11
2.4.1 Tulevaisuuden näytöt	11
2.4.2 Lumineq	12
<b>3 TIEDONSIIRTO</b>	<b>14</b>
3.1 CAN	14
3.1.1 J1939	15
3.2 SPI	15
3.3 LVDS	16
3.3.1 FDP-Link	17
<b>4 ERGONOMIA</b>	<b>19</b>
4.1 Miellyttävä ajoasento	19
4.1.1 Ajoasento hytissä	19
4.2 Valon vaikutus näkökykyyn	20
4.2.1 Jokapäiväinen altistuminen	21
<b>5 TURVALLISUUS</b>	<b>22</b>
5.1 Näkyvyys hytistä	22
5.2 Näytön sijoittaminen	23
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>24</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>25</b>

# KUVAT

Kuva 1 TFEL-näytön toiminta (Lumineq).	9
Kuva 2 Heijastavan LCD-näytön toiminta (Nestekidenäyttö 2017).	10
Kuva 3. Taivutettava OLED-näyttö (OLED 2017).	12
Kuva 4. Lumineqin segmenttinäyttö ja näytön litografia (Saikkonen 2017).	13
Kuva 5. CAN-väylän fyysinen rakenne (.).	14
Kuva 6. J1939-protokollan 29-bit tunnistus sanoman rakenne (Kvaser 2017).	15
Kuva 7. Useamman Slave-laitteen liittäminen SPI-väylään.(Wikipedia)	16
Kuva 8. LVDS-piirin toiminta ja virransyöttö (Low-voltage differential signaling 2017).	17
Kuva 9. FPD-Link sovelluksen rakenne (FPD-Link 2017).	18
Kuva 10. Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituudet näkyvälle valolle.	20
Kuva 11. Näkyvyys hytistä.	22

# KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
CAN	Control Area Network
EL/ECL	Electroluminescence. Elektroluminesenssi.
g	Maan putoamiskiihtyvyys.
LED	LED-valoilla valaistu nestekidenäyttö.
LCD	Liquated Crystal Display. Nestekide näyttö
LVDS	Low-Voltage Differential Signal
OLED	Organic Light Emitting Diode. Orgaaninen LED.
SPI	Serial Peripheral Interface
TASEL	Transparent Thin Film Electroluminescent Display
V	Voltti
W	Watti

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella transparenttinäyttö helpottamaan lastausajoneuvon ajamista. Ajoneuvoa ajetaan kaivoksissa sekä eteen- että taaksepäin kuljettajan istuessa 90 asteen kulmassa kumpaakin ajosuuntaa kohden. Jotta kuljettajan ei tarvitse jatkuvasti pyöritellä päätään, hälytys- ja ajoneuvonperustiedot tulee olla helposti luettavissa eri tilanteissa. Markkinoilla olevia transparenteja näyttöjä tulee kartoittaa ja verrata keskenään.

Ehdottomana vaatimuksena oli projektoriton näyttö, sillä projektorin asentaminen tuottaa omanlaisia haasteita ja sopivuus haasteellisiin olosuhteisiin on kyseenalainen. Yhtenä näytön kriteereistä oli haasteelliset olosuhteet, epätasainen maaperä ja pilkkopimeä tunneli. Lisäksi näytön tulisi näyttää yhtenäistä kuvaa eikä vain ja ainoastaan viiva-geometriaa, jota autojen parissa käytettävät HUD-näytöt esittävät. Projisoitavia transparenteja HUD-näyttöjä on ollut jo kauan tarjolla ja niiden informaatio on heijastettu läpinäkyvällä kalvolla. Lisäksi joku voi kävellä projektorin eteen ja projektorin kuva katkeaa, jos se ei osu oikeassa kulmassa näytölle.

Tekniikan kehittyessä transparentit näytöt ovat lisäämässä markkinaosuuttaan. Näyttöjen käyttöä parantuessa toimintavarmuus ja sovelluskohteet laajenevat. Suurimpana hidastus elementtinä on näyttöjen korkea hintataso, joka johtuu valmistustekniikan korkeista kuluista. Näytöllä esitettävää tietoa ei tule rajata ennen kartoitusta, kunhan näyttö kykenee grafiikan esittämiseen.

## 2 KALVONÄYTÖT

### 2.1 OLED

On orgaaninen LED-näyttö, jonka toiminta perustuu elektroluminesenssi-ilmiöön. Luomalla riittävän suuren potentiaalieron näytön sisälle, sublimoituvat molekyylit tai järjestelmän polymeerit tuottavat valoa. Elektroluminesenssi tuottaa valoa, kun ylimääräinen varaus purkautuu näytön sisällä. Vastakkaisilla varauksilla varustetut colombit saavat aikaan jatkuvan energiatasojen nousun ja emittoivat jatkuvalla syötöllä valoa (Templier 2014, 3.)

Polyarleeni kuuluu jäykkäsauvaisiin EL-polymeereihin ja sillä on muutamia erilaisia rakenteellisesti poikkeavia yhdisteitä, kuten polyfenyyli ja polyfluoreeni. Polyluoreneeni emittoi sinistä ja melko laajaa valoa. Haittana on fluoreno-molekyylillä aiheuttama hapettuminen polymeeriketjussa. Polymeeriketjun päässä oleva toiminnallinen yksikkö voi vähentää aggregaatiota ja samalla parantaa luminesenssiominaisuuksia (Buckley 2013, 4.)

Transparentin ohutkalvon toiminta käytännön sovelluksissa vaatii, että resistiivisyys on pienempi kuin  $10^{-3} \Omega \cdot cm$  ja läpäisykyky on oltava suurempi kuin 80 % näyttöalueelta. Näytön optimoinnissa nousee esille kaksi asiaa, jotka vaikuttavat toinen toisiinsa. Kalvon resistanssi ja läpäisykyky muuttuvat suhteessa eli paksumman kalvon resistanssi on pieni, mutta läpäisykyky huono ja päinvastoin. Tarvittavan jännitteen määrä riippuu siitä, käytetäänkö näyttöä anodina vai katodina (Buckley 2013, 53.)

### 2.2 TASEL

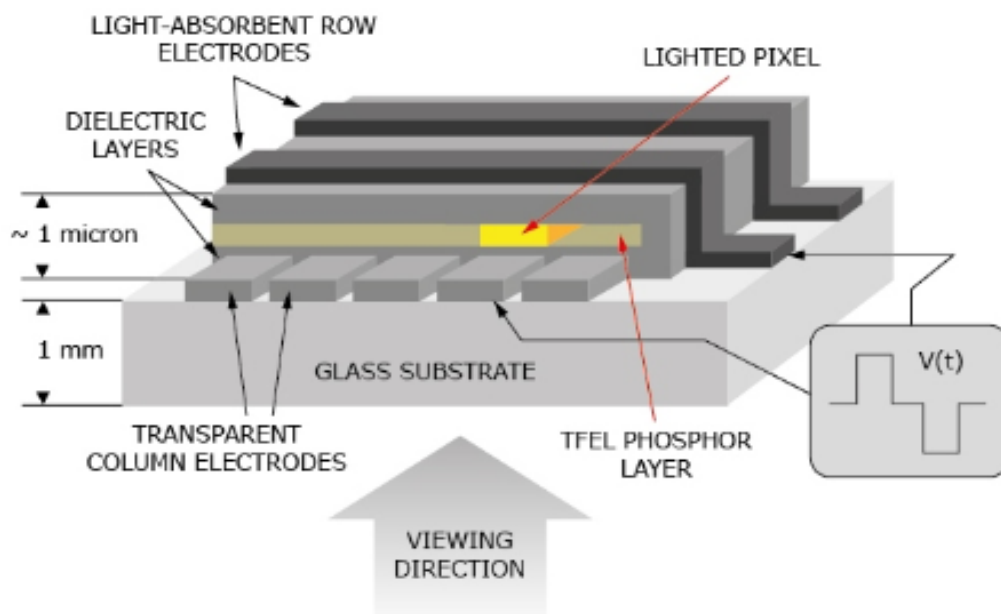
Perustuu elektroluminesenssi-ilmiöön, joka voidaan jaotella kahteen eri ryhmään. ECL eli reaktioon osallistuu elektrolyyttinen aine, joka purkautuessaan emittoi valoa ja EL eli reaktio tapahtuu elektrodimateriaalissa tai aivan sen läheisyydessä (Haapakka 1985, 99.)

Loisteaineessa kiihdytettyjen elektronien aikaan saama valo on elektroluminesenssia (Törnqvist 1985, 111). Jotta johtavuuselektronien kineettinen energia on riittävällä ta-



solla, sähkökentän voimakkuuden tulee olla vähintään  $10^6$  V/cm tasolla. Valoa emittoituu joko törmäyksen vaikutuksesta tai ionisoimalla kidettä eli luomalla elektroniaukkopareja, jolloin rekombinaatio virittää näytön. Tehokkain EL-materiaali on ZnS:Mn, jolle on luonteenomaista keltainen valo ja sen saa aikaan  $Mn^{2+}$ -ionit (Törnqvist 1985, 112–113.)

Kuvasta 1 näkyy kuinka läpinäkyvän lasikasvualustan päälle on kasattu johtavuuselektrodit fosfori-hohdekerroksen ympärille ja fosforikerros on vahvistettu ZnS:Mn EL-materiaalilla, joka saa aikaan valaistun pikselin.



Kuva 1 TFEL-näytön toiminta (Luminea).

Sähkökentän voimakkuus osaltaan on vaikuttanut näyttökalvon paksuuteen. Noin 1 mikrometrin paksuinen kalvo saadaan emittoimaan valoa 100V ajojännitteellä. Aikoinaan juuri sähkökentänvoimakkuus aiheutti vaikeuksia, sillä kalvot eivät kestäneet niihin ajettuihin jännitteisiin. Alhaisilla jännitteillä ZnS: Mn on eriste, mutta sähkökentänvoimakkuuden ylittäessä rajakynnyksen sähkönjohtavuuskyky kasvaa jyrkästi (Törnqvist, 1985, 115.)

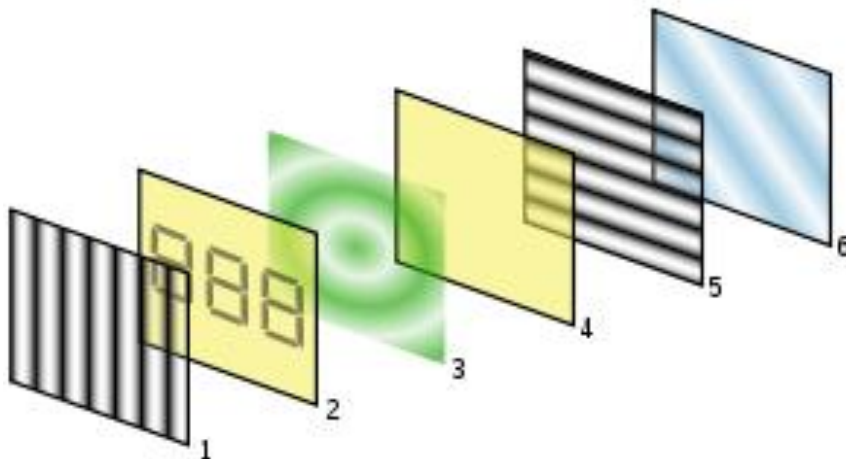
Koska lähes jokainen johtavuuselektroni pystyy virittämään  $Mn^{2+}$ -ionin, kirkkaus kasvaa suoraan virran kasvun suhteen. Kirkkaus ja luettavuus ovat parhaimpia ominaisuuksia EL-näytöissä. Heikkoutena on valon loukkuuntuminen eli vain osa tuotetusta valosta

saadaan käyttöön. Ainoastaan keltainen emissio saavuttaa hyötysuhteeltaan riittävän 5 lm/W tason. Lisäksi näytöissä on  $Al_2O_3$  ja  $SiO_2$  molekyylejä, jotta lasin ja näytön lämpölaajenemisominaisuudet ovat samat (Törnqvist 1985, 115.)

## 2.3 LCD

On nestekidenäyttö, jonka toiminta perustuu nestekiteen polarisoimiseen heijastavan taustapeilin tai taustavalon avulla. LCD-näytön pikselien ohjaus voi olla passiivista tai aktiivista. Passiiviseen matriisiin perustuvassa näytössä ohjataan tietyn segmentin yhtä ainoaa pikseliä ja muut pikselit ovat tällöin passiivisina. Aktiivisen matriisin näytöissä on TFT (Thin Film Transistor), joka pitää muut segmentin pikselit aktiivisina samalla kuin yhtä segmentin pikseliä ohjataan (Rouse 2005.)

Heijastavan LCD-näyttö toimii siten, että 1. pystysuunnassa suodattava kalvo polarisoi valon. 2. ITO (indiumtinaoksidi) elektrodeja sisältävälle lasialustalla, tämä kerros määrittelee tummat kuviot. Lisäksi tasolle on etsattu pystysuuntaiset harjanteet, jotta nestekiteet ovat ensimmäisen kohdan valon kanssa samansuuntaisia. Seuraavaksi valo kohtaa 3. kinemaattisia nestekiteitä. 4. Toinen elektrodikalvo, joka kohdistaa vaakasuuntaisten harjanteiden avulla valon vaakasuuntaista suodatinta kohden. 5. Vaakasuuntainen suodatin, joka estää tai päästää valoa lävitseen. 6. Taustapeili heijastaa valon takaisin kohti katsojaa (Nestekidenäyttö 2017.) Kuvassa 2 on edellä mainittu ilmiö jaoteltu osiin.



2.3.1 LED

Kuva 2 Heijastavan LCD-näytön toiminta (Nestekidenäyttö 2017).

Taustavalolla toimivaa LCD-näyttöä kutsutaan kansankielellä LED-näytöksi. Toiminta on muuten samanlainen kuin loisteputkella toimivalla LCD-näytöllä, mutta kirkkaus ja kontrasti ovat huomattavasti parempia. Yhtenä suurimpana heikkoutena kaikissa LCD-näyttötyypeissä on ollut katselukulma,

sillä kuvan laatu heikkeni siirryttäessä sivummalle tai liikuttaessa pystysuunnassa. Nykyajan näyttöissä samaa ongelmaa ei ole havaittavissa, jokainen voi todeta tämän katselamalla tietokoneen tai älypuhelimien näyttöä eri katselukulmista. Aivan 180 asteen katselukulmaan asti nykyisetkään LED-näytöt eivät kykene näyttämään selkeää kuvaa (Roivas 2014.)

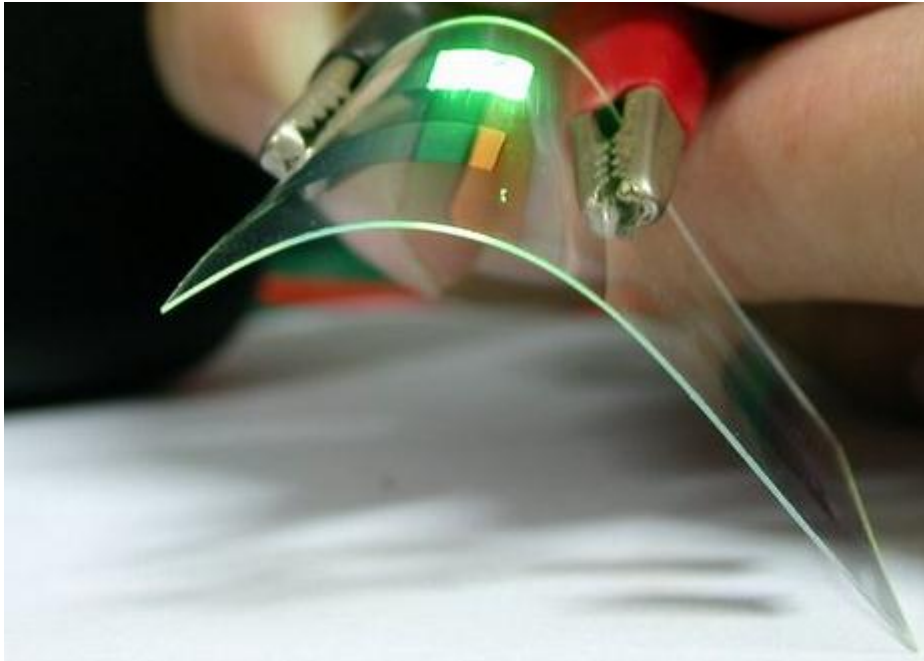
## 2.4 Mahdolliset näytöt

Yllä olevista näyttövaihtoehtoista OLED ja TASEL toteuttavat tämän opinnäytetyön tehtävänannon. Nämä näytöt täyttävät läpinäkyvyysvaatimukset. Parhaimmissa näyttöissä läpinäkyvyys on 70–100 % luokkaa ja toisaltaan huonoimmista näyttöissä vain 30 % luokkaa.

### 2.4.1 Tulevaisuuden näytöt

Näyttöjen läpinäkyvyys tulee parantumaan vuosien saatossa merkittävästi, ja niihin voidaan tulevaisuudessa myös laminoida läpinäkyvä aurinkopaneeli. Tällä hetkellä aurinkopaneelien läpinäkyvyys on halutunlainen eli täysin läpinäkyviä löytyy, mutta hyötysuhteen ollessa vain 1 % on teknologia vielä käyttökelvotonta (Oswald & Lunt 2014). Hyötysuhteen tulee olla noin kymmenkertainen, jotta energiaa saadaan varastoitua riittävän paljon esimerkiksi älypuhelimien käyttöä varten (Oswald & Lunt 2014).

Hintaluokka kyseisillä OLED- ja TASEL-näyttöillä on vielä 5-10 kertaa korkeampi kuin vastaavilla LCD-näyttöillä (Widtfelt 2017). Hintaan vaikuttaa suuresti ainakin vielä näytön kokoluokka ja tuotantovolyymi (Saikkonen 2016). Aivan lähivuosina televisiovalmistaja LG aikoo kokeilla OLED-näyttöjen valmistusta printtaamalla. Kyseinen tuotantomalli tuo onnistuessaan merkittäviä tuotantokustannussäästöjä (Flatpanelshd 2016). OLED-näyttöjä pystyy nykyäänkin hieman taittamaan, mutta tulevaisuudessa näytöt voivat jopa korvata perinteiset heijastekankaat ja projektorit yritysten kokoushuoneissa. OLED-näyttöjen valmistajat ovat vielä vastahakoisia laminoimaan näyttöjään asiakkaan lasisovelluksiin niin sanottuina Open Frame-tilaustöinä (Widtfelt 2017).



Kuva 3. Taivutettava OLED-näyttö (OLED 2017).

#### 2.4.2 Lumineq

Lumineq on suomalainen elektroluminenssinäyttöihin erikoistunut yritys. Yrityksellä on tuotannossaan sekä läpinäkyviä että läpinäkymättömiä näyttöjä. Läpinäkyvien näyttöjen suurin käyttökohderyhmä on erilaiset työkoneet, ja näyttöjen liittäminen onnistuu esimerkiksi CAN-väylään. Näytöt voidaan jakaa kahteen ryhmään, segmentti- ja matriisinäyttöihin. Segmenttinäyttöjen etuna korkea kirkkaustaso, kun taas matriisinäytöt pystyvät vain 30 % segmenttinäyttöjen kirkkaudesta. Näyttöjen toimintalämpötilat ovat (miinus) -60 °C:sta (plus) + 100 °C:seen ja tärinän sietokyky parhaimmillaan 200 g (Saikkonen 2017.)

Näyttöjen symbolit ja numerot ovat toteutettu litografialla, joten halutut symbolit täytyy päättää etukäteen. Symbolit ikään kuin painetaan näyttöön, ja riittävän voimakkaan sähkökentän ja ohjaukäsäkyjen avulla halutut segmentit ja matriisit herätetään henkiin. Näyttö voi pitää sisällään kymmeniä erilaisia symboleja, mutta näitä ei voi enää jälkikäteen muuttaa. Ensimmäisen konseptinäytön luominen maksaa useita tuhansia, ja valmistaminen kestää pari kuukautta johtuen litografiasta, joka vaatii muotit symbolien tuottamiseksi. On myös olemassa valmiita näyttöjä, joita voi ostaa demo- ja kokeilumielessä. Tällaisen näytön kykenee liittämään tietokoneeseen usb-liittimellä (Saikkonen 2017.) Kuvasta 4 hahmottuu litografian ja segmenttien välinen yhteys selkeämmin.



Kuva 4. Lumineqin segmenttinäyttö ja näytön litografia (Saikkonen 2017).

Lumineqilla on yhteystyötä laminoinnissa tamperelaisen Pilkingtonin ja panelialaisen Jaakko tuotteen kanssa. Lumineq ainoastaan tarjoaa kontakteja kyseisiin yrityksiin ja asiakas tekee itse muun muassa tarvittavat turvallisuusvaatimus sopimukset laminoijan kanssa. Kustannukset laminoinnin ja näytön valmistuksen osalta muuttuvat edullisemmiksi suurella tuotantovolyymilla (Saikkonen 2017.)

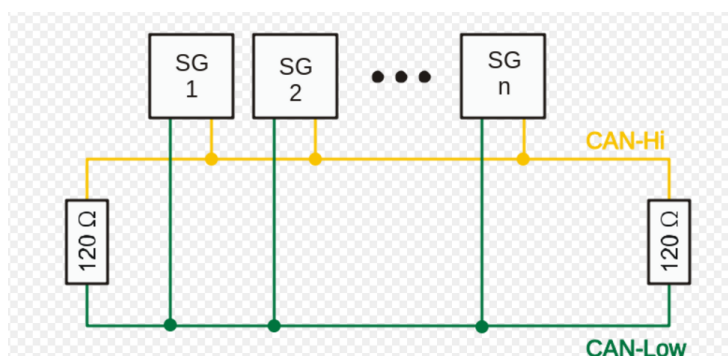
### 3 TIEDONSIIRTO

Tiedonsiirto näytön ja ohjaimen välillä tapahtuu tiedonsiirtovälien avulla. Jokaisella väylätyypillä on omia ominaisuuksia, ja niitä pystyy usein yhdistelemään melko helposti. Ajoneuvoissa käytettävä Can-väylä on monipuolinen, riittävän nopea, soveltuu pitkillekin välimatkoille ja on OSI-malliin perustuva tiedonsiirtoväylä. Ongelmaksi tässä kyseisessä tapauksessa muodostuu kahden väylän yhteen sovittaminen, sillä TASEL- ja OLED-näytöt käyttävät joko SPI- tai LVDS-väyliä. Varsinkin SPI-väylän ominaisuudet ovat varsin kehnot ajoneuvosovelluksiin. SPI- ja LVDS-väyliä ohjataan ohjelmointikielillä.

#### 3.1 CAN

CAN-väylän kaikki tieto välitetään jokaiselle moduulille ja viestin lukemista varten jokaisella sanomalla on oma tunniste. Tunnisteen mukaan eri moduulit tietävät kuuluuko välitetty sanoma kyseiselle moduulille. Lisäksi sanoma pitää sisällään prioriteetin. Tämä on tärkeä osa väylää, jos väylällä on yhtäaikaista viestejä, pienemmän prioriteetin omaava viesti lopettaa lähettämisen (Kvaser 2017.)

CAN-väylän fyysinen rakenne on: parikaapeli, jossa on 40 kierrosta metrillä ja kaapelityypin tulee olla impedanssiltaan  $120 \Omega$  suojattu tai suojaamaton kaapeli ja päätevastukset  $120 \Omega$ . Tiedonsiirtonopeuden mukaan voidaan tehdä jako Low- ja Hi-CAN-väyliin. Hitaampi väylä on vikasietoisempi, kun taas nopeampi väylä on noin kymmenen (10) kertaa nopeampi (Kvaser 2017.)



Kuva 5. CAN-väylän fyysinen rakenne (CAN-väylä).

### 3.1.1 J1939

On korkeamman tason protokolla CAN-väylällä, ja se toimii raskaiden ajoneuvojen ohjaukskäskyjen antajana (Kvaser 2017.) Protokollalle on saatavissa codesys-tuki, jolloin voidaan käyttää codesys-toimintoja ja -kirjastoja ohjelmoinnissa (Codesys 2017). Sanomakehys koostuu 29-bit tunnistuskentästä, jonka kolme ensimmäistä bittiä määrittelevät sanoman tärkeyden. Desimaaliluvulla 0 on suurin prioriteetti ja puolestaan luvulla 7 pienin prioriteetti. J1939 protokolla kykenee lähettämään 8-bit suurempia sanomia, mutta nämä sanomat on kuitenkin jaettava 8-bit paketteihin (Kvaser 2017.)

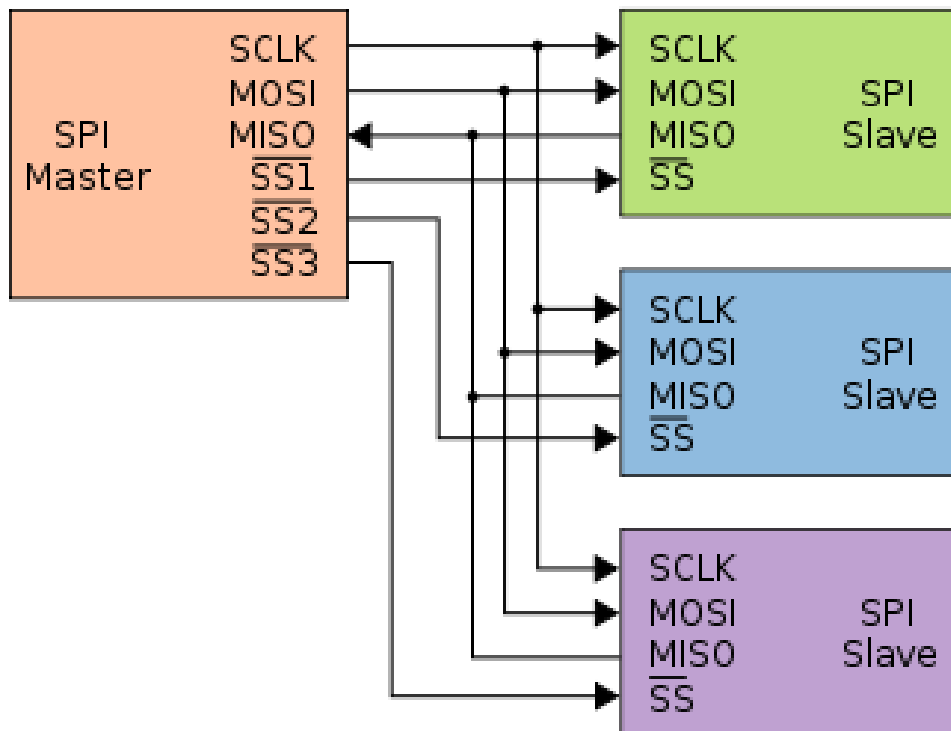
PRIORITY	RESERVED	DATA PAGE	PDU FORMAT	PDU SPECIFIC	SOURCE ADDRESS
3 bits	1 bit	1 bit	8 bits	8 bits	8 bits

Kuva 6.J1939-protokollan 29-bit tunnistus sanoman rakenne (Kvaser 2017).

### 3.2 SPI

Soveltuu hyvin lyhyenmatkan tiedonsiirtoon. Järjestelmässä on vain yksi master-laite, ja se käskyyttä yhtä tai useampaa slave-laitetta. Toiminta perustuu erilaisiin pulsseihin, joita ovat kello-, luku- ja kirjoituspulssi, ja useamman slave-laitteen kanssa master-laite käyttää slave-valintapulssia. Väylästä käytetään välillä nimitystä 4-johdonväylä edellä mainittujen pulssien johdosta (Sparkfun 2017.)

Master-laitteen lähtösignaali liitetään sarjaan kaikkien slave-laitteiden tulosignaalien kanssa, ja vastaavasti slave-laitteiden lähtösignaalit liitetään sarjaan master-laitteen tulosignaalin kanssa. Ainoastaan SS-signaali liitetään jokaiseen slave-laitteeseen erikseen, muuten master-laite ei kykene valitsemaan haluamaansa slave-laitetta. Kuvasta 7 näkyy, miten useampi slave-laite kytetään master-laitteen kanssa yhteen.



Kuva 7. Useamman Slave-laitteen liittäminen SPI-väylään (Serial Peripheral Interface Bus 2017).

Kellopulssi on koko väylän perusta, ja sen nopeus ei saa olla väylän hitaimman laitteen maksimi nopeutta nopeampi. Ennen kellopulssin lähettämistä ja datansiirtämistä tulee SS(Slave Select)-signaali asettaa "0"-tilaan, jotta slave-laitteet tietävät tiedonsiirron alkavan. Paketit ovat yleensä jaollisia 8 bitillä ja poikkeustapauksissa siirretään täytebittejä. Jokaisen kellopulssin aikana lähetetään MOSI (Master Output Slave Input) sekä vastaanotetaan MISO (Master Input Slave Output). Ainoa ongelma ja rajoite SPI-väylän-tiedonsiirrossa on sen lyhyt noin puolenmetrin pituinen tiedonsiirtokaapeli, pidemmällä matkalla tietoa voi hukkua (Sparkfun 2017.)

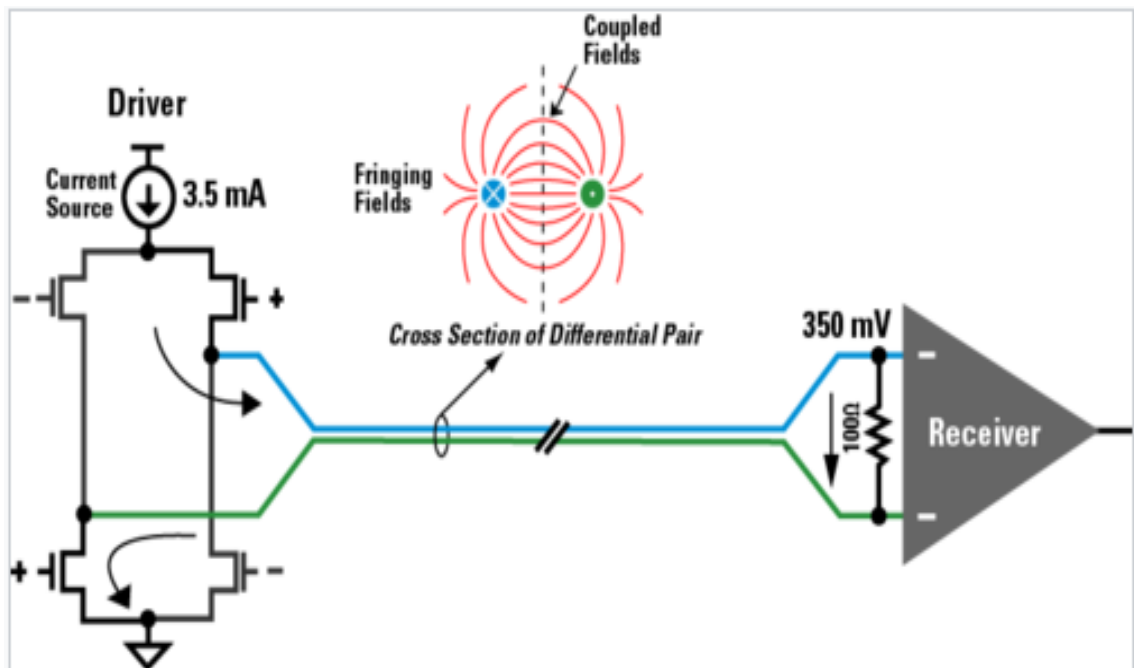
### 3.3 LVDS

LVDS on hyvin yleinen LCD-näytöissä, sillä se soveltuu erinomaisesti nopeisiin elektronikkapiireihin. LVDS soveltaa CAN-väylän tapaan OSI-mallia tiedonsiirrossa. Ominaisuuksiksi ja eduiksi luetaan häiriöttömyys, pienet tehohäviöt ja tehokas videokuvan ja



grafiikan siirto. Häiriöttömyys johtuu parikaapelista, jonka johtimien välillä vallitsee ero signaalissa. Tehohäviöt ovat alhaiset, kun molempiin johtimiin syntyy magneettikenttä ja ne ovat vastakkaissuuntaiset (Wikipedia 2017.)

Kuvassa 8 näkyy, miten kahden johtimen välillä on 100 ohmin terminen vastus, jännite-taso joka johtimien välillä vallitsee ja miten magneettikentät kumoavat toisensa.

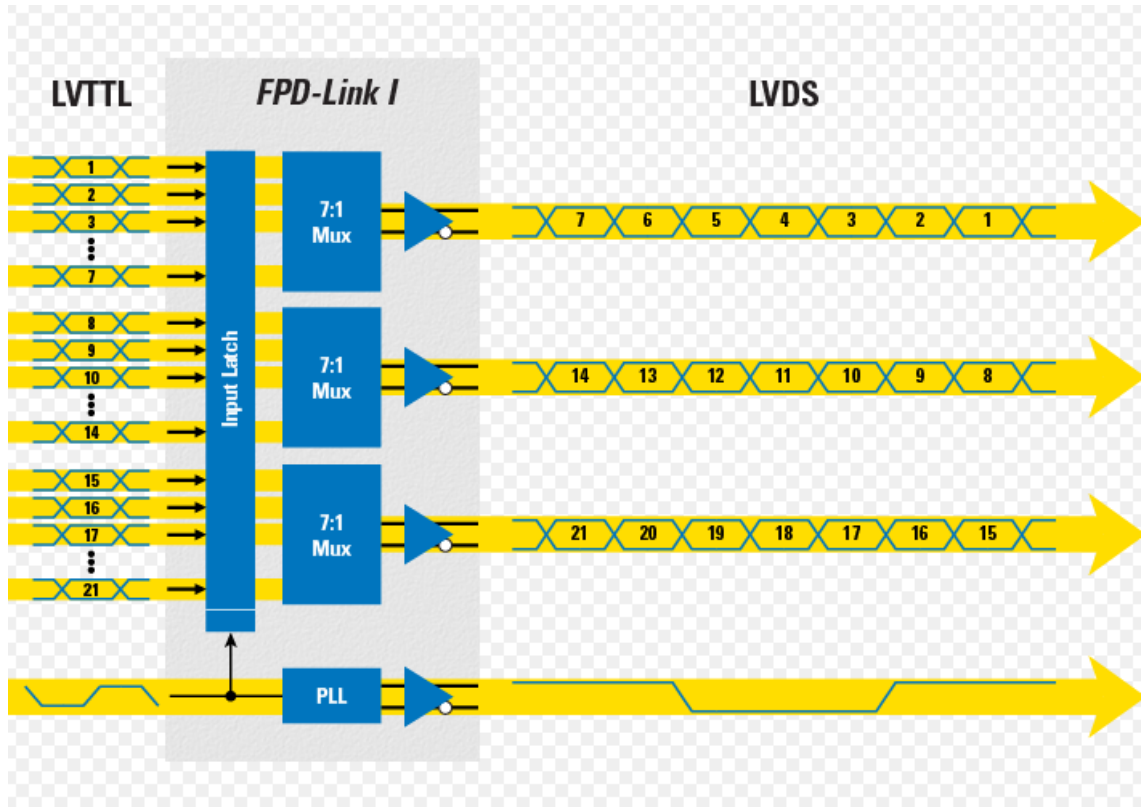


Kuva 8. LVDS-piirin toiminta ja virransyöttö (Low-voltage differential signaling 2017).

Syöttöjännitteen ollessa 2.1 V ja ajovirta 3.5 mA, tehonkulutus on 8.5 mW. Eromuotoinen signaali myös selventyy kuvaa 8 katsomalla, sinisen ja vihreän johtimen ero on silmin nähtävissä kuvassa.

### 3.3.1 FDP-Link

LVDS-väylästä puhuttaessa moni sekoittaa sen FPD (Flat Panel Display) – Link:n kanssa. FPD-Link on yksi suosituimmista LVDS-väylän sovelluksista, joka on hallinnut LCD-näyttöjen ohjausta pitkään. Sen etuna on tulevien signaalien niputtaminen kolmeen eri moduuliin eli 18-bit RGB (Red Green Blue) järjestelmä jakaantuu kolmeen 6-bit moduuliin ja lisäksi jokaisella moduulilla on oma kello-signaali (Hinh 1999, 2.)



Kuva 9. FPD-Link sovelluksen rakenne (FPD-Link 2017).

Kuvasta 9 selviää modulaarinen rakenne ja miten signaalit jakaantuvat LVDS-tiedonsiirrossa. Lisäksi kuvassa on PLL (Phase Lock Loop) -signaali, joka tuottaa ja palauttaa kello-signaalin LVDS-väylässä (Texas Instruments).

## 4 ERGONOMIA

Ergonomialla pyritään helpottamaan työn suorittamista, ja se tehdään ihmisen ehdoin. Ergonomia tulee ottaa huomioon suunniteltaessa työvälineitä ja menetelmiä, mutta usein unohtuu ergonominen ajattelu ihmisen tavallisessa elinympäristössä esimerkiksi kotona (Saari 1981, 8.) Tarkoituksena on myös ehkäistä terveydellisiä vaaroja ja parantaa työtehokkuutta. Pelkkä negatiivisten seurausten torjunta ei riitä, lisäksi tulee huomioida luonnollisen kehittymisen mahdollistaminen (Saari 1981, 9.)

### 4.1 Miellyttävä ajoasento

Ajoneuvon ja kuljettajan välinen järjestelmä on ergonomian kannalta yksi tunnetuimmista. Siinä kuljettaja tarkkailee ajoympäristöä, muita liikenteen osapuolia ja näyttöä. Tarkkailun tuloksena kuljettaja tekee tarvittavat ohjaukset ohjainten välityksellä. Jotta ihmisen olisi miellyttävä ajaa, täytyy ajoneuvon mittariston olla helposti luettavissa ja lisäksi sen on oltava ymmärrettävässä muodossa esimerkiksi nopeusmittari (Saari 1981, 19.)

Suurimpia virheitä tietojen esittämisessä on niiden riittämättömyys ja tarpeellisuus. Usein sorrutaan esittämään määrällisenä, vaikka laadullinen esittäminen olisi järkevämpää ja tehokkaampaan. Yksinkertainen pylväsdiagrammi, ajoneuvon polttoainemäärän esittämiseksi ilman lukuarvoja, on tehokas ja selkeä esitystapa. Tiedon luettavuuteen vaikuttaa myös se, täytyykö ihmisen tehdä laskelmia tai käyttää taulukkoa apunaan tulkitukseen informaatiota (Saari 1981, 46.)

#### 4.1.1 Ajoasento hytissä

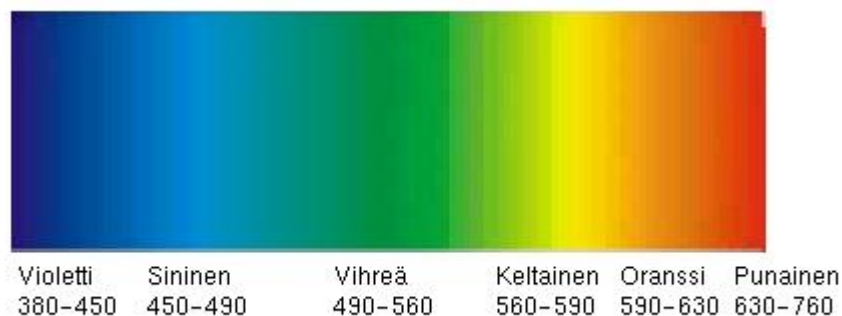
Ajoasento on yritetty saada mahdollisimman miellyttäväksi. Haasteena on lastaus- ja tyhjennysliikkeiden välinen vuorottelu. Kuljettaja joutuu ajamaan yhtä paljon eteen- ja taaksepäin, milloin rintamasuunta on aina sen hetkistä kulkusuuntaa kohden. Näin ollen näyttöjä tulee olla vähintään kaksi. Näyttöjen sijoittelun merkitys on suuri ajoasennon miellyttävyyteen. Jos kuljettaja joutuu jännittämään niskaansa koko ajan näyttöä lukiesaan, ennen pitkään tämä aiheuttaa turhia sairauslomia ja mahdollisia vaaratilanteita.

Lisäksi tietojen tulee olla selkeästi ja helposti luettavissa, ja toisaalta ne eivät saisi häiritä työn suorittamista.

#### 4.2 Valon vaikutus näkökykyyn

Näköhavaintoon vaikuttavia asioita ovat työtilan valaistus, tilan koko, värit ja kaikki heijastuspinnat. Lisäksi tulee ottaa huomioon mahdolliset työn vaatimukset ja ihmisten erilaisuus (ikä, näkökyky ja vireystila). Iäkä on merkittävin tekijä, sillä ero 20- ja 60-vuotiaan välisellä näkökyvyllä on suuri. 60-vuotias tarvitsee kaksitoistakertaisen valaistuksen, jotta näkövaikutelma olisi samalla tasolla nuoren kanssa (Leikas 2016.)

Valaisuvoimakkuutta lisäämällä on saavutettu tuottavuuden nousua ja samalla on pysytty puolittamaan virheiden lukumäärä. Luonnollisesti vaikutus on suurempi ikäihmisten parissa. Valon väri vaikuttaa oikean informaation saatavuuden lisäksi vielä mielentilaan ja työtehokkuuteen sitä kautta (Leikas 2017.) Kuvasta 10 selviää näkyvän valon aallonpituudet, vasemmalla puolella on niin sanotut kylmät värit ja oikealla puolella lämpimät värit.



Kuva 10. Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituudet näkyvälle valolle.

Eri valon väreistä sininen on kaikkein haitallisin. Television-, älypuhelimien- ja tietokoneennäytöt ovat jokaisen kohtaamia sinisen valon lähteitä. Huoli sinisestä valosta on merkittävä, koska jatkuva altistuminen tietyille valontaajuudelle aiheuttaa verkkokalvo vaurioita. 415–455 nanometrillä olevat valon aallonpituudet ovat kaikkein vaarallimpia, koska ne ovat lähimpänä ultraviolettisäteilyä (Peltonen 2015.)

#### 4.2.1 Jokapäiväinen altistuminen

Länsimaalainen ihminen altistuu päivittäin siniselle valolle. Jokaisesta kotitaloudesta löytynee ainakin yksi televisio, älypuhelin tai tietokone, nämä kaikki edellä mainitut laitteet ovat sinisenvälön lähteitä. Sinisen valon tiedetään silmänpohjarappeuman lisäksi aiheuttavat nukahtamisvaikeuksia, jotka ovat monien unettomuuden syynä. Jos työaikana joutuu tuijottamaan näyttöä lähes koko ajan, on riski lieväänkin silmäsairauteen merkittävä.

Siniselle valolle tulee altistua noin puolen vuorokauden ajan päivittäin. Nykymaailmassa tuollainen altistuminen on lähestulkoon sääntö kuin poikkeus. Useasti asiantuntijat kertovat, kuinka jo kouluikäiset lapset käyttävät kaiken aikansa television ja videopelin tai älylaitteiden parissa. Muutaman näytönvalmistaja on aloittanut niin sanottujen turvanäytöjen valmistuksen ja nämä näytöt olisivat ratkaisu yllä olevaan ongelmaan. Aika näyttää, onko kyseessä vain markkinointikikka vai ihan oikea eettinen ratkaisu. Näillä näytöillä pyritään estämään haitallisten aallonpituuksien lähettäminen.

## 5 TURVALLISUUS

Työturvallisuus on työpaikoilla nykyään tärkeää ja näkyvää. Merkittävä tekijä työturvallisuuden korostumisessa on tuottavuus. Mahdolliset tapaturmat ja sairauspoissaolot halutaan karsia minimaaliselle tasolle (Työterveyslaitos 2017.) Jotta työturvallisuus paranisi työpaikalla, tulee työnantajan perehdyttää työntekijä työmenetelmiin ja turvallisuusohjeisiin. Vastavuoroisesti työntekijä on velvollinen noudattamaan työnantajan määräyksiä ja turvallisuusohjeita ja lisäksi kertoa mahdollisista turvallisuuspuutteista esimiehelle tai työturvallisuusvaltuutetulle (Työsuojeluhallinto 2017.)

### 5.1 Näkyvyys hytistä

Näköaisti on kuormitetuin ihmisen aisteista, sillä 90 % kaikesta tiedosta välittyy silmien kautta. Näkökenttä ihmisellä on hieman yli 180 asteen, värien erottelukyky toimii 60–120 asteen alueella ja tarkkuutta vaativat tehtävät ovat mahdollisia vain 10–20 asteen alueella. Silmät mukautuvat haasteellisiinkin olosuhteisiin, mutta pahimmillaan se vie aikaa noin 30 minuuttia. Luonnollisesti paikallaan olevaa kohdetta on helpompi seurata kuin liikkuvaa, joka kaiken lisäksi väsyttää silmään. (Saari 1981, 26.)



Kuva 11. Näkyvyys hytistä.

Kuvasta 11 hahmottuu, miten vaikeaa on nähdä hytistä aivan työkoneen viereen, näkökenttä on suppea. Hytti on niin alhaalla kuin mahdollista, jotta kulkeminen työolosuhteissa helpottuu. Näkyvyys on hyvä kauas eteen- ja taaksepäin, lähiympäristön hahmotamisen helpottamiseksi näyttö voidaan ohjelmoida esittämään videokuvaa, tämä edellyttää OLED näytön käyttämistä.

Olosuhteiden ollessa poikkeukselliset ja vaativat, näyttö ei missään nimessä saa aiheuttaa lisärasitusta kuljettajalle. Yhtenä vaihtoehtona näyttö voisi näyttää videokuvaa ympäristöstä, mutta kameran ollessa hieman väärässä kulmassa saatu videokuva voisi aiheuttaa vaaratilanteita, edellyttäen että kuljettaja luottaa sokeasti näytön informaatioon. Heijastusten vaikutus näytön lukemiseen on merkittävä, sillä läpinäkyvä näyttö päästää valoa läpi sekä ollessaan päällä että pois päältä. Emittoituvan valon on voitettava heijastukset, jotta näytöltä voidaan lukea tietoa. Lisäksi ahdas ja monia eri muotoja sisältävä ympäristö aiheuttaa jatkuvalla syötöllä häiritseviä heijastuksia, jotka vaikeuttavat näytön lukemista.

## 5.2 Näytön sijoittaminen

Näytön sijoittamisella on vaikutusta siihen, miten huolettomasta ja miellyttävästä asennosta sitä voi seurata. Kuulo on tärkeä apuaisti näölle, sillä merkkiäänit kertovat milloin näyttöä tulee seurata. Kuuloa niin kuin näköäkin häiritsee melu. Liiallinen melu voi kiihdyttää hermoston toimintaa ja pahimmassa tapauksessa aiheuttaa pysyviä kuulovammoja. Merkkiäänien kuulemiseen vaikuttaa taustamelun taso ja taajuusalue, jolla merkkiääni annetaan. Matalat ja monitaajuiset äänet on helpompia kuulla ja ne kantavat pidemmälle (Saari 1981, 19.) Kuulo on apuvälineenä hyvä näölle, sillä aina silmäkään ei kaikkea havaitse ja merkkiäänien avulla on helppo kiinnittää kuljettajan huomio näyttöön.

Näytön tulee olla helposti luettavissa eli näyttö tulee olla sekä meno- että paluusuuntaan ja tieto tuodaan näytölle vain kun jokin virhe- tai varoitustila on päällä. Näin ollen kuljettaja voi keskittyä työn suorittamiseen. Esimerkiksi moottorin kuumentuessa liikaa kuljettaja saa varoitustilan näytölle ja voi tehdä tarvittavat toimenpiteet ja tilan palauttaa normaaliksi näyttö palautuu läpinäkyväksi.

## 6 YHTEENVETO

Käyttötarkoitukseen soveltuvia näyttöjä kartoitettaessa löytyi kaksi mahdollista näyttöä, jotka perustuvat samaan tekniikkaan, elektroluminesenssiin. Näytöt vaativat toimiakseen riittävän voimakkaan sähkökentän, jotta ne pystyvät emittoimaan näkyvää valoa. Suurimpana erona OLED- ja EL-näyttöillä on väriskaala. EL-näyttö on yksivärinen ja OLED-näyttö kykenee emittoimaan jopa ennen näkemättömiä värejä, varsinkin mustan sävyt ovat erityisen tummia. Tekniikan hintataso on vielä tavalliselle kuluttajalle liian korkea, jolloin myynti pysyy alhaisella tasolla ja omalta osaltaan hidastaa tekniikan käyttöönottamista.

Tiedonsiirto on toteutettu kahden jo pitkään LCD-näyttöjen ohjauksessa käytettyihin väyliin (SPI ja LVDS). Nämä väylät ovat liitettävissä CAN-väylään. SPI-väylä on rakenteeltaan yksinkertainen ja tiedonsiirtonopeudeltaan hyvä, mutta pidemmät tiedonsiirtomatkat aiheuttavat tiedon katoamista. LVDS-väylän aseman näyttöjen ohjauksessa on vankka, sillä sen yleisin sovellus FPD-Link on monien alan insinöörienkin parissa synonyymi LVDS-väylälle. Esimerkiksi DisplayPort ei ole saanut tekniikan ammattilaisten joukossa kannatusta korvaavana väylänä.

Halutun informaation esittäminen ja sijainti tuulilasissa on otettava huomioon. Joskus yksinkertainen kuvaaja on helpompi käsittää kuin kuvaaja yhdessä numeroarvojen kanssa, sillä ihminen saattaa alkaa keskittymään epäolennaisuuksiin. Yksinkertaisimmillaan jokin tietty väri indikoi vallitsevaa tilannetta parhaimmin, esim. vihreä indikoi positiivista tilannetta polttoaineen osalta ja punainen väri indikoi tankkauksen tarpeellisuudesta. Nämä väreillä esitettävät informaatiot täytyy ainakin vielä hylätä, koska OLED-näytöt eivät ole tällä hetkellä teollisuuskäytössä. Lumineqin TASEL-näyttö kykenee näyttämään symboleja, mutta ei videokuvaa. Nämä symbolit toteutetaan litografialla, jolloin ne täytyy etukäteen valita ja suunnitella.

Printtaustekniikan läpilyönti OLED-näyttöjen valmistuksessa auttaa kilpailussa halpoja ja helppovalmisteisia LCD-näyttöjä vastaan. OLED-näytöt ovat herkkiä kosteudelle, mutta tämä ongelma kyetään ratkaisemaan laminoimalla näyttö kahden lasin väliin ja asentamalla tarvittavat tiivisteet. Näytön tulee tuoda lisäarvoa työn suorittamiseen, olla helposti luettavissa ja järkevän hintainen lisävaruste.



## LÄHTEET

Buckley, A. 2013. Organic light-emitting diodes (OLEDs) materials, devices and applications. Woodhead Pub. Viitattu 18.12.2016 <https://turkuamk.finna.fi>.

CAN-väylä 2017. Wikipedia. Viitattu 21.3.2017 <https://fi.wikipedia.org/wiki/CAN-väylä>

Codesys 2017. Integrated SAE J1939 support in CODESYS. Viitattu 9.2.2017 <https://www.codesys.com/products/codesys-fieldbus/can/j1939.html>

Flatpanelshd 2016 Viitattu 23.1.2016 <http://www.flatpanelshd.com/news.php?subaction=showfull&id=1477658447>

FPD-Link 2017. Wikipedia. Viitattu 16.3.2017 <https://en.wikipedia.org/wiki/FPD-Link>

Haapakka, K & Törnqvist, R. 1985. Suomen kemian seura, Kemian optisia ja luminesenssimenetelmiä.

Hinh, M 1999. Texas Instruments. Viitattu 9.2.2017 <http://www.ti.com/lit/an/snla014/snla014.pdf>

Kvaser 2017. CAN Physical Layers. Viitattu 12.1.2017 <https://www.kvaser.com/can-protocol-tutorial/>

Kvaser 2017. J1939 Introduction. Viitattu 1.2.2017 <https://www.kvaser.com/about-can/higher-layer-protocols/j1939-introduction/>

Leikas, M. 2017. Hyvä valaistus työtilassa. Työterveyslaitos. Viitattu 4.1.2017 <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/tyotilojen-suunnittelu/hyva-valaistus-tyotilassa/>

Lumineq. Viitattu 12.12.2016 <http://beneq.com/en/displays/technology>

Lunt, R & Oswald, T. 2014. Solar energy that doesn't block the view. Michigan State University. Viitattu 30.1.2017 <http://msutoday.msu.edu/news/2014/solar-energy-that-doesnt-block-the-view/>

Low-voltage differential signaling 2017. Wikipedia. Viitattu 16.3.2017 [https://en.wikipedia.org/wiki/Low-voltage\\_differential\\_signaling](https://en.wikipedia.org/wiki/Low-voltage_differential_signaling)

Nestekidenäyttö 2017. Wikipedia. Viitattu 16.3.2017 <https://fi.wikipedia.org/wiki/Nestekidenäyttö>

OLED 2017. Wikipedia. Viitattu 16.3.2017 <https://en.wikipedia.org/wiki/OLED>

Peltonen, S. 2015. Sinisen valon vaaroja vähennetään uudella turvanäytöllä. Tiivi. Viitattu 12.1.2017 <http://www.tivi.fi/Uutiset/sinisen-valon-vaaroja-vahennetaan-uedella-turvanaytolla-3482443>

Roivas, P 2014. Opas: Työpöytänäyttöjen teknologiaa ja terminologiaa. Viitattu 28.12.2016 <http://www.hardware.fi/artikkelit/artikkeli.cfm/opus-tyopoytanayttojen-teknologia-ja-terminologia/5>

Rouse, M 2005. What is LCD (liquid crystal display)?. TechTarget. Viitattu 28.12.2016 <http://whatis.techtarget.com/definition/LCD-liquid-crystal-display>

Saari, J. 1981. Työterveyslaitos. Ergonomian perusteet.

Saikkonen, M 2016. Sähköposti. Lumineq. Viitattu 5.12.2016

Saikkonen, M 2017. Puhelinkeskustelu. Viitattu 7.2.2017

Serial Peripheral Interface Bus 2017. Wikipedia. Viitattu 21.3.2017 [https://en.wikipedia.org/wiki/Serial\\_Peripheral\\_Interface\\_Bus](https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface_Bus)

Sparkfun 2017. Serial Peripheral Interface. Viitattu 10.1.2017 <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi>

Templier, F 2014. OLED Microdisplay. Wiley-ISTE. Viitattu 15.12.2016 <https://turkuamk.finna.fi>

Texas Instruments 2013. Viitattu 9.2.2017 <http://www.ti.com/lit/an/snla045b/snla045b.pdf>

Työsuojeluhallinto 2017. Vastuut työsuojelussa. Viitattu 9.2.2017 <http://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/vastuut-tyosuojelussa>

Työterveyslaitos 2017. Turvallisuusjohtaminen. Viitattu 9.2.2017 <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/tyoturvallisuus/tyoturvallisuusjohtaminen/>

Widtfelt, M 2017. Sähköposti. Planar/Leyard Company. Viitattu 13.1.2017

Wikipedia 2017. Low-Voltage Differential Signaling. Viitattu 24.1.2017 [https://en.wikipedia.org/wiki/Low-voltage\\_differential\\_signaling](https://en.wikipedia.org/wiki/Low-voltage_differential_signaling)