

Projektbeispiel Leanpick

Pick-By-Light für mobile Lean Production Lösungen

Entwicklung der Hardware und Software

Signalköpfe

Robuste Signalköpfe mit hellen LEDs über Lichtleiter und Erkennung des Tastendrucks durch Hall- Sensor

Controller

Ansteuerung von acht Signalköpfen, Trennung der Stromversorgung für Prozessor und für LEDs, Verbindung über CAN-Bus

Steuerrechner

Netzwerkanbindung über WLAN, Stromversorgung durch USB-Anschluss, Fernwartung über Remotedesktop

Stromversorgung

Betrieb mit Werkzeug-Akku verschiedener Hersteller über USB- Adapter



Leanpick für die Kabelbaumfertigung

Die Aufgabenstellung für ein Pick-By-Light System kam für uns aus der Kabelbaumfertigung. Die komplette Systementwicklung lag in unserer Hand, von der Mechanik der Signalköpfe über den Schaltungsentwurf und das Leiterplattenlayout bis zur Softwareentwicklung sowohl der Microcontroller in den Steuergeräten als auch des Verbindungsrechners zum Übergang ins WLAN.

Die Aufgabe

Die Anforderung für ein Pick-By-Light System kam aus der Kabelbaumfertigung. Die Reha Werkstatt Offenburg fertigt Kabelbäume für örtliche Industrieunternehmen. Bei einer Analyse der Arbeitsprozesse durch einen externen Berater stellte sich heraus, dass unerfahrene Mitarbeiter eine Hilfe für den Einstieg in das Verlegen brauchen. Also sollte ein Lämp-

chen auf dem Litzenwagen anzeigen, welche Litze sie oder er als nächstes verlegen soll.

Vor einigen Jahren hat unser Büro schon die Messtechnik programmiert, die kontrolliert, ob Mitarbeitende die Litzen richtig eingepinnt haben. Aus diesem Grund hat Reha Offenburg uns mit der Lösung dieser neuen Aufgabe betraut.



„Wo fange ich hier an? Welche Litze muss ich als nächstes verlegen?“

Anforderungen an die Signalköpfe

Bei der genauen Gestaltung des Arbeitsprozesses stellte sich heraus, dass ein Pick-By-Light mit einem einfachen Lämpchen nicht ausreicht. Pro Hängeplatz sollte das System drei hell leuchtende Lämpchen in den Ampelfarben Rot – Gelb – Grün bekommen. Zur Steuerung des Arbeitsprozesses entstand die Anforderung einer Drucktaste. Damit sollte der Werker bestätigen können, wenn sie oder er eine Litze abgenommen hat.

Eine weitere Anforderung für die Tastköpfe kam aus der mechanischen Konstruktion der Tragarme des Litzenwagens. Es war geplant, sie auf der Grundlage des Lean Production Systembaukastens der Firma item Industrietechnik aufzubauen.

Aus diesen Voraussetzungen entwickelten sich diese Anforderungen:

- Die Lämpchen und die Taste müssen robust sein, um die tägliche Arbeit mit Litzen zu überstehen.

- Die Taste muss so leicht laufen, dass die Werker das Drücken der Taste nicht als unangenehme Belastung empfinden.
- Die Leuchtkraft der Lämpchen muss groß genug sein, um auch bei einer Arbeitsplatzhelligkeit von 750 Lux eine starke Signalwirkung zu haben.
- Geometrischer Unterschied zwischen rotem und grünem Lämpchen zur Unterstützung Rot-Grün blinder Mitarbeiter.
- Die Tasten mit den Lämpchen müssen in ein Rohr D30 des item Lean Production Systembaukastens passen. Das legt den Außendurchmesser auf 26 mm fest.

Passende Teile, die diese Bedingungen erfüllen, sind im Markt nicht verfügbar. Selbst wenn es passende Standardteile gäbe, würde eine passende Befestigung und der Anschluss einen weiteren zusätzlichen Aufwand bedeuten. So fiel die Entscheidung für eine eigene Konstruktion eines kompakten Signalkopfs.

Anforderungen an die Ansteuerung

Die bestehenden Litzenwagen haben 12 Tragarme mit jeweils 6 Haken als Aufhängeplätze. Somit musste die Ansteuerung der Signalköpfe 72 Tasten auswerten und 216 LEDs ansteuern können.

Im Lauf des Fertigungsprozesses schieben Mitarbeiter die Litzenwagen voll behängt von der Konfektionierung an die Verlegebretter. Deshalb soll sowohl die Netzwerkverbindung mobil über WLAN erfolgen als auch die Stromversorgung über einen Akku.

In einer ersten Abschätzung haben wir die Nutzung einer SPS kalkuliert. Sie hat sich als unpraktikabel erwiesen.

- Selbst bei 16-kanaligen Klemmen braucht man 14 Ausgangsklemmen und 5 Eingangsklemmen.
- Relativ großes Bauvolumen, Notwendigkeit eines Gehäuses oder kleinen Schaltschranks.
- Aufwändige Verdrahtung mit fast 300 zweipoligen Anschlüssen.

- Kosten von weit über 2.000,- € für CPU, Klemmen und ein vom SPS Hersteller supportetes WLAN- Gerät.
- Übliche Ausgangsspannung von 24V passt nicht zu LEDs. Versorgung entweder über Vorwiderstände an denen jeweils 0,44 W Verlustleistung anfallen oder Aufbau der SPS mit Relaisausgängen.
- Mobile Stromversorgung nur über proprietäre Akkulösung.

Weil eine SPS nicht als praktikable Lösung erschien, fiel auch hier die Entscheidung auf die Entwicklung eigener Steuergeräte.

Mit eigenen Steuergeräten sollte ein Tragarm mit dem gesamten Pick-By-Light System zu einer eigenständigen Einheit werden. Das Ziel war, dass man an einem Litzenwagen nach Bedarf die Anzahl der Arme einfach anpassen kann, indem man einen mechanisch anschraubt, das Steuergerät in eine Hutschiene einrastet und elektrisch über eine Busleitung mit zwei Steckern einschleift.

Die Lösungen von Programmier-Büro Hirsch

Das erste Ziel war, die Verdrahtung zu vereinfachen. Deshalb fiel die Entscheidung für jeden Arm ein Steuergerät einzusetzen, an das man bis zu 8 Signalköpfe anschließen kann. Die Signalköpfe mit je 3 LEDs und einer Taste planten wir direkt über ein 6-poliges Flachkabel anzuschließen.

Zur Kommunikation der Steuergeräte mit einem zentralen Rechner haben wir uns für CAN entschieden. Da keine speziellen Umwelteinflüsse oder

Der Signalkopf

Eine Einzelverdrahtung der LEDs und der Taste mit einem mehrpoligen Kabel als fliegender Aufbau mit Lötverbindungen haben wir als zu aufwändig und unsicher in der Fertigung verworfen.

Die Entscheidung fiel für eine Platine, auf der die drei LEDs als SMD Bauteile bestückt sind und auf einen Hall-Sensor, der ebenfalls direkt auf die Platine gelötet ist. Auf der Platine befindet sich ebenfalls der Steckverbinder. Bei diesem Konzept gibt es keinerlei diskrete Drähte mehr anzuschließen.

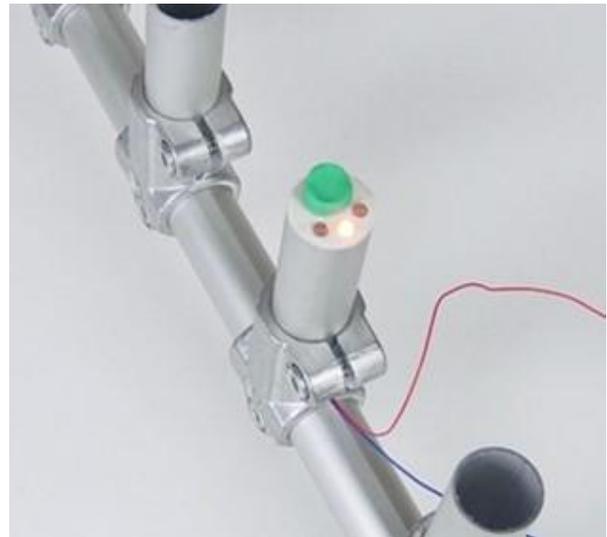
Um eine ästhetische Lösung zu finden, haben wir erste Mockups aus Knetgummi gebaut. Die Mockups bekamen schon Lichtleiter mit einer aufgeklebten LED.



Der erste Entwurf befriedigt noch nicht.

Sicherheitsanforderungen vorliegen, wählten wir als zentralen Rechner einen Raspberry Pi 3B plus aus. Er hat ein integriertes WLAN. Der Raspberry arbeitet mit einer Versorgungsspannung von 5V genauso wie die CAN-Bus Transceiver. Aus dem Grund bot sich eine Stromversorgung des gesamten Pick-By-Light Systems aus einem USB-Netzteil an. Einige Hersteller von Akku-Werkzeugen bieten für Ihre Akkus USB-Adapter an.

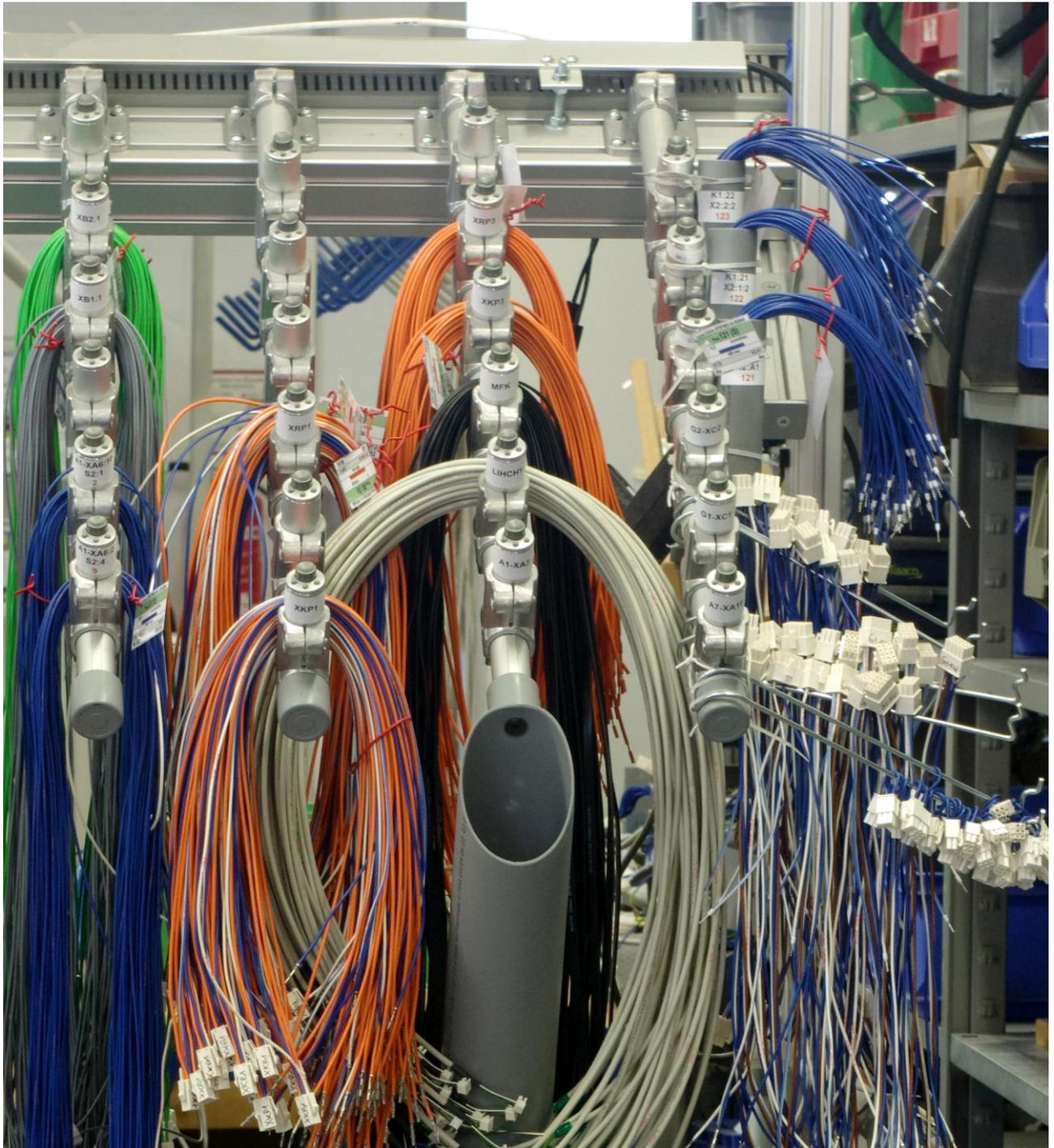
Die Wahl fiel auf eine asymmetrische Anordnung um den geringen Raum für eine maximale Tastengröße zu nutzen.



Asymmetrische Anordnung sieht am besten aus.

Als Schaltelement für die Taste fiel die Wahl auf einen Hall-Sensor mit Latch-Charakteristik. Am Ende des Tastenstößels sitzt ein Ringmagnet mit axialer Magnetisierung. Innerhalb eines Tastenhubes von nur 3 mm liegt ein definierter Schalterpunkt mit einer Hysterese von etwa 1 mm, die mit Sicherheit ein Prellen verhindert.

Wegen des geringen Tastenhubes hat die Höhe, mit der der Hall-Sensor in die Platine eingelötet ist, eine Toleranz von nur wenigen zehntel Millimetern. Weil das bei einer maschinellen Bestückung nicht



Die robuste Konstruktion der Signalköpfe erweist sich in der Praxis als absolut notwendig.

einhalten ist, haben wir für den Hall-Sensor einen Halter konstruiert und für die Fertigung im 3-D Druck optimiert.

Eine Führung der Taste in zwei Spielpassungen mit einem Abstand von 15 mm stellt sicher, dass die Taste sich nicht verklemmen kann. Eine lange vorgespannte Schraubenfeder sorgt für eine Rückstellkraft der Taste, die sich über den Hub nicht spürbar ändert. Zwei O-Ringe sorgen für

weiche Anschläge in den Endlagen. Durch den weichen Anschlag arbeiten die Tasten leise, was zu einer niedrigeren Geräuschbelastung der Mitarbeiter in der Werkhalle führt. Mit Federn unterschiedlicher Härte lässt sich die Druckkraft der Taste an den Anwendungsfall anpassen.

Für den direkten Einbau von LEDs an der Oberfläche des Signalkopfs hätten wir LED-Halter gebraucht, die es für den geringen



Ringmagnet mit zwei Polscheiben

Einbauraum am Markt nicht fertig gibt. Deshalb kamen die LEDs auf die Platine und in die Tastenkopfkörper jeweils ein Lichtleiter. Da die Lichtleiter von oben eingebaut sind, ist es nicht möglich, sie im rauen Betrieb irgendwie einzudrücken oder zu beschädigen.

Die leichtgängige Taste liefert keine mechanische Rückmeldung an den Benutzer. Deshalb haben wir uns für eine optische Rückmeldung entschieden. Solange der Benutzer die Taste über den Schaltpunkt

Controller CAN84

Durch den Aufbau eines Litzenwagens lag es nahe, jeden Tragarm mit einem Controller für die Signalköpfe auszustatten. Damit gewinnt man die Flexibilität, sehr leicht ganze Arme auszubauen, neu einzufügen oder zu verschieben.

Für andere Anwendungen außerhalb der Kabelbaumfertigung lassen sich die Signalköpfe in einer Matrix von Spalten und Zeilen ansprechen.

Das Ziel war für die kleine Stückzahl eine einfache Bauweise ohne ein individuell gefertigtes Spritzgussgehäuse. Auf die Vorderseite der Platine kamen deshalb alle Bauteile, die Anwendern zugänglich sein müssen, also die Stecker und zwei Codierschalter. Über die Platine kann man eine Frontplatte in das Gehäuse einschieben oder sie kann auch offen bleiben. Alle elektronischen Bauteile sind auf der

hinaus drückt, invertiert der Controller den Zustand der LEDs.

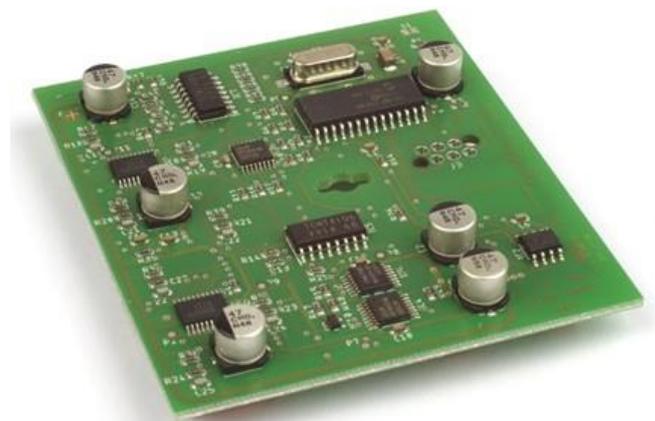
Auf der Platine befinden sich die Vorwiderstände für die LEDs und ein Operationsverstärker zum Reduzieren der Flankensteilheit des Tastensignals.



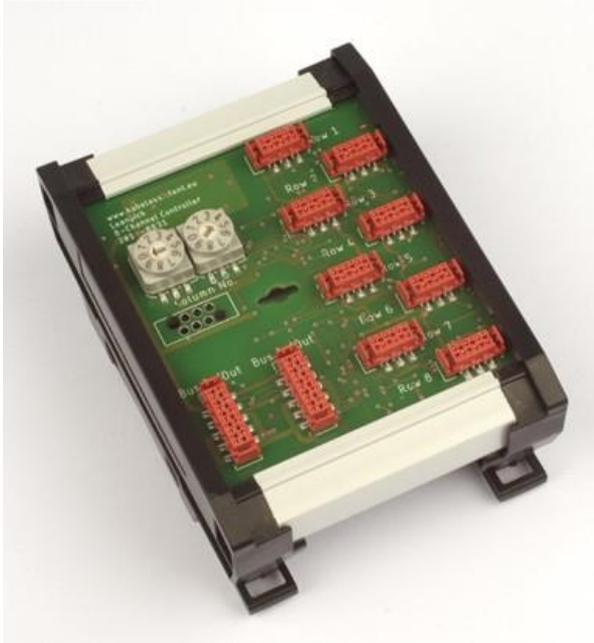
Von oben eingepresste Lichtleiter

Der gesamte Aufbau ist zerlegbar und eine eventuelle Reparatur ist leicht möglich. Er erfüllt so die Forderung nach Langlebigkeit und Nachhaltigkeit.

Unterseite aufgelötet. Deshalb gibt es keine THT Bauteile, die blanke Anschlüsse auf der Oberseite hätten.



Bestückungsseite des Controllers



Controller CAN84

Die mechanische Größe der Leiterplatte legen die acht Buchsen für die Signalköpfe und die zwei Buchsen für die Versorgung

fest. Die Platine passt optimal in ein Profilgehäuse für Hutschienen-Montage.

Die Kommunikation über CAN setzt voraus, dass jeder Controller Nachrichten über das Drücken der Taste mit einer individuellen Arbitration ID verschickt. Zum Schalten der LEDs kommen Nachrichten, aus denen der Controller diejenigen herausfiltern muss, die für ihn bestimmt sind. Dazu muss der Betreiber dem Controller die Nummer des Arms eingeben, für die er zuständig ist. Als Benutzerschnittstelle haben wir einfache Codierschalter gewählt. Bedeutung und Bedienung sind für jeden Techniker sofort selbsterklärend. Das reduziert Anfragen an den technischen Service.

Die Stromversorgung ist auf zwei Stromkreise aufgeteilt. Ein Kreis versorgt Prozessoren und CAN Bus Transceiver, der zweite die LEDs und ihre Treiber. In der Planung des Pick-By-Light Einsatzes ist es technisch möglich, alle LEDs gleichzeitig leuchten zu lassen. Weil dieser Fall nicht sinnvoll ist, kann die Helligkeit der LEDs



Fertig eingebaute Controller in einem Verdrahtungskanal, flexible Montage auf 35 mm Hutschiene

zurück gehen; die Steuerung muss aber weiter funktionieren. 216 LEDs mit je 20 mA brauchen über 4 A, was mehr ist, als eine USB- Versorgung liefern kann. Der Stromkreis für die Prozessoren bleibt dagegen stabil. Beide Stromkreise haben wir galvanisch getrennt, weil es nicht in unserer Hand liegt, wie die USB- Adapter der Werkzeughersteller verschaltet sind.

Als Prozessor haben wir einen PIC18F25K80 genutzt. Er hat einen integrierten CAN Bus

Der Steuerrechner

Als Steuerrechner haben wir einen Raspberry Pi 3B+ ausgewählt. Er hat ein sehr gut funktionierendes WLAN OnBoard.

Der Raspberry Pi hat keinen CAN-Bus Anschluss. Dafür haben wir eine Zusatzplatine entwickelt. Sie enthält den CAN Controller, den CAN-Bus Transmitter, die Anschlussbuchsen für CAN-Bus und Strom und einige Kontrolllämpchen. Die Abmessungen der Zusatzplatine haben wir auf den vorhandenen Einbauraum im Hutschienengehäuse zugeschnitten.



Zusatzplatine mit Stromversorgung und CAN-Bus

Als Betriebssystem für den Raspberry Pi haben wir Raspberry Pi OS ausgewählt. Von den getesteten Alternativen hat es sich als die stabilste Lösung erwiesen. Wegen der eingebauten Unterstützung haben wir die Kommunikationsanwendung mit Python programmiert.

Der Steuerrechner bekommt von einem Server über Ethernet, entweder einen LAN-

Controller. Wir nutzen einen PWM- Ausgang zum Dimmen der LEDs und einige digitale I/Os. Die LED- Treiber bekommen die Schaltzustände serialisiert in ein Schieberegister geschrieben. Umgekehrt holt der Prozessor die Schaltzustände der Tasten aus einem Schieberegister ab. Die seriellen Daten der Schieberegister übertragen wir über Optokoppler von einem Stromkreis zum anderen.



Raspberry Pi im Hutschienengehäuse

Anschluss oder WLAN, UDP Datenpakete. Sie enthalten eine Liste der einzuschaltenden Lämpchen. Das Programm auf dem Steuerrechner setzt diese Datenpakete in CAN Nachrichten um. Zuerst schickt es eine Nachricht zum Löschen aller Lämpchen in den Puffern der Schieberegister. Als zweites schickt es Nachrichten an die einzelnen Controller welche Lämpchen sie an ihrem Arm einschalten sollen. Zum Schluss schickt das Programm eine Nachricht an die Controller, dass sie die neuen Schaltzustände der Lämpchen übernehmen sollen. Umgekehrt bekommt der Steuerrechner von den Controllern eine Nachricht, wenn ein Werker eine Taste gedrückt hat. Das Programm des Steuerrechners schickt ein UDP Datenpaket an den Server und erwartet von diesem eine Quittierung über UDP. Wenn die Quittierung nicht kommt, wiederholt das Programm das Datenpaket an den Server.

Die Stromversorgung



USB-Adapter an einem Litzenwagen

Ein immer wieder auftretendes Problem bei mobilen Stromversorgungen sind fest eingebaute Akkus die vergessen wurden zu laden. Deshalb haben wir als Versorgung Werkzeug-Akkus von Makita, Bosch oder Metabo ausgewählt. Von diesen Herstellern gibt es USB-Adapter mit zwei USB-Anschlüssen, die ausreichend Strom zur Verfügung stellen. Nach Schichtende wechseln die Werker einfach die Akkus. Die leeren Akkus laden sie mit serienmäßigen Ladegeräten der Hersteller des Akkusystems.

Wenn die Anwender das Pick-By-Light System längere Zeit am gleichen Standort benutzen, können sie statt des Akku-Adapters auch ein handelsübliches USB-Netzteil anschließen.



Leanpick im Einsatz auf einem Litzenwagen in einer hell beleuchteten Umgebung

Über uns

Vielen Dank für Ihr Interesse an unserer Entwicklungs-Dienstleistung. Darf ich Ihnen unser Büro kurz vorstellen?

Programmier-Büro Hirsch ist ein familiengeführtes Software Entwicklungs-Büro im südlichen Oberrheintal im deutschen Teil der Metropolregion Basel.

Wir sind ein Team von Menschen unterschiedlichen beruflichen Ursprungs. Vom Feinmechaniker bis zum Systemingenieur, Elektroingenieur, Wirtschaftsinformatiker und Jurist. Dadurch verstehen wir die Sprache und die Wünsche unserer Kunden aus dem Maschinenbau, der Verfahrenstechnik oder Elektroindustrie. Wenn Sie auch zu den Hidden Champions aus diesen Bereichen gehören, unterstützen wir sie gerne bei der Digitalisierung Ihrer Produkte. Steuerung per Handy statt Schalter, Bus-Leitung statt Einzelverkabelung, weltweite Erreichbarkeit von Geräten über das Internet statt Dienstreise, das sind Ausschnitte aus den Themen, die wir beherrschen. Und mit denen wir Sie gerne unterstützen, damit Sie auch in Zeiten der Digitalisierung mit Ihren Produkten weiter zu den Champions gehören. In den letzten 25 Jahren haben wir das für viele Kunden mit einer großen Anzahl von Projekten erfolgreich geschafft.

Was können wir Ihnen bieten? Die gesamte Software-Entwicklung von der Programmierung von Webservern auf Embedded Rechnern über die Programmierung von Microcontrollern und das Ausarbeiten von Schnittstellen zu anderen Systemen. Plus die dafür notwendige Elektronik-Entwicklung vom Schaltplan bis zur fertigen Platine.

Wir freuen uns auf Ihren Anruf.



Programmier-Büro Hirsch

Wir digitalisieren Ihre Maschine

Ruländerstraße 11
D-79418 Schliengen
Germany
Telefon: 07635 / 82 716 - 0
Telefax: 07635 / 82 716 - 20
info@programmier-hirsch.com
www.programmier-hirsch.com
International:
Voice: ++49-7635-82716-0
Fax: ++49-7635-82716-20