

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein dafür ausgelegtes Beleuchtungssystem zum Betrieb eines Mehrkanal-LED-Moduls.

[0002] Derartige Verfahren und dafür ausgelegte Beleuchtungssysteme werden zur Steuerung von Mehrkanal-LED-Modulen verwendet. Dabei handelt es sich insbesondere um Module mit verschiedenfarbigen LEDs wie RGBW-(Rot-Grün-Blau-Weiß) und RGBA-(Rot-Grün-Blau-Amber)Module. Durch die verschiedenen Farben, insbesondere Rot-Grün-Blau, können durch Mischung unterschiedlichste Farbtöne erzielt werden. Hierfür können die Kanäle individuell angesteuert werden.

[0003] US 6 552 495 B1 zeigt ein Regelsystem und Verfahren zur Erzeugung eines gewünschten Lichts durch eine Vielzahl von roten, grünen und blauen LEDs. Dieses beinhaltet einen Farbsensor, der die erzeugte Lichtfarbe in einem ersten Koordinatensystem, d. h. in RGB misst. Das Signal wird durch ein Modul in ein weiteres Farb-Koordinatensystem transformiert, wobei es sich dabei um ein xLy-Koordinatensystem handelt. Ein zweites Modul wandelt eine Referenzfarbe, angegeben in XYZ-Koordinaten ebenfalls in xLy-Koordinaten um. Ein Addierer berechnet nun die Differenz zwischen der Messung und der Referenz und gibt das Ergebnis einem Controller weiter, der mit Hilfe eines Treibers die LEDs so ansteuert, dass die Differenz kompensiert wird. Bei dem Controller handelt es sich vorzugsweise um eine PI (Proportional Integration) Controller.

[0004] US 2008/01 69770 A1 zeigt ein Verfahren und System zur Übersetzung eines aus drei Komponenten bestehenden Farbsignals, vorzugsweise in einer CIE Skala gegeben, zu einem Farbsignal, das aus n Primärfarben gebildet wird, wobei n ein Integer mit n größer gleich 4 ist. Dabei wird eine CIE-Normfarbtafel verwendet, die aus 2 Farbdimension besteht, welche 2 der 3 Komponenten des Farbesignals darstellt.

[0005] Die n Primärfarben werden von n LEDs mit verschiedenen Wellenlängen gebildet.

[0006] Diese werden in dem Verfahren auf der CIE-Normtafel als Punkte P1 bis Pn eingetragen. Anschließend wird mindestens ein Punkt P0 durch Linearkombination der Punkte P1 bis Pn gebildet, der vorzugsweise auf oder in der Nähe der Black-Body Kurve liegt. Da sich der Punkt P0 zwischen den Punkten P1 bis Pn befindet, können nun Dreiecke gebildet werden, wobei jedes Dreieck aus Linien zwischen P0 und zwei benachbarten Punkten aus P1 bis Pn besteht. Anschließend wird das Farbsignal als Punkt Px eingetragen und von einer Steuereinheit ermittelt, in welchem Dreieck es sich befindet. Daraus ergibt sich,

welche beiden Punkte aus P1 bis Pn neben P0 am nächsten an Px liegen. Mittels dieser drei Punkte kann nun von der Steuereinheit eine Linearkombination ermittelt werden, deren Lösung dem Punkt Px entspricht. Danach wird noch die optimale Linearkombination für P0 von der Steuereinheit gewählt, um einen maximalen CRI-Wert und eine maximale Leuchteffizienz zu erzielen, wobei verschiedene Linearkombinationen in einem Speicher zur Verfügung stehen. Zum Schluss muss noch, vor Betreiben der LEDs mit den ermittelten Parametern, die Helligkeit der Linearkombination der 3 Punkte so angepasst werden, dass diese der dritten Komponente des Farbsignals entspricht.

[0007] „Systems and method for controlling LEDs“ unveröffentlichtes Dokument, das laut LEDON Search Report als nächster Stand der Technik angesehen wird. Jedoch fehlt mir die PDF Datei. Soll es erwähnt werden?

[0008] Beim Stand der Technik sind zwar Verfahren und Systeme zur Anpassung von RGB-LEDs an eine x,y-Zielfarbe nach der ICC-Normfarbtafel gezeigt, allerdings erfordert diese Anpassung recht aufwendige Berechnungen. Dementsprechend werden auch teure Recheneinheiten, wie Cordic Prozessoren, DSPs (Digitale Signalprozessoren) oder ASICs etc., benötigt. Insbesondere muss die Recheneinheit im Stande sein, komplexe mathematische Algorithmen zu berechnen. Außerdem verlängert sich dadurch die Rechenzeit und damit die Zeit der Anpassung der Beleuchtung an die Zielvorgabe.

[0009] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und dafür ausgelegtes Beleuchtungssystem bereitzustellen, welches für die Anpassung der Beleuchtungseigenschaften an eine Zielvorgabe nur einen geringen Rechenaufwand erfordert.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Besonders vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0011] Die vorliegende Erfindung behandelt ein Verfahren zur Regelung eines Mehrkanal-LED-Moduls, wobei das vom Mehrkanal-LED-Modul ausgestrahlte Licht auf eine vorbestimmte Farbe durch unabhängiges Ansteuern der einzelnen Kanäle eingestellt wird und die tatsächlich ausgestrahlte Lichtfarbe zu Regelungszwecken zurückgeführt wird. Dabei erfolgt in einem ersten Schritt solange eine Grobregelung, bei der nur die Kanäle einer Untergruppe, insbesondere zwei Kanäle, unabhängig voneinander angepasst werden, bis die insgesamt ausgestrahlte Lichtfarbe innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs liegt. In einem zweiten Schritt erfolgt eine Feinregelung, in der alle Kanäle angepasst werden.

[0012] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung behandelt ein Verfahren zur Regelung eines Mehrkanal-LED-Moduls, wobei das vom Mehrkanal-LED-Modul ausgestrahlte Licht auf eine vorbestimmte Farbe durch unabhängiges Ansteuern der einzelnen Kanäle eingestellt wird und die tatsächlich ausgestrahlte Lichtfarbe zu Regelungszwecken zurückgeführt wird. Dabei erfolgt die Einstellung der vorbestimmten Farbe am Anfang ausschließlich durch das unabhängige Anpassen einzelner Kanäle einer Untergruppe. Jeder Kanal der Untergruppe wird solange unabhängig zu den anderen angepasst, bis die bei ihm eingestellten Parameter einen erlaubten Maximalwert überschreiten oder einen erlaubten Minimalwert unterschreiten. An Stelle des Kanals mit den unerlaubt hohen oder niedrigen Parameterwerten werden darauf hin andere, nicht zur Untergruppe gehörende Kanäle zur Regelung angepasst.

[0013] Erfindungsgemäß ist die vorbestimmte Farbe vorzugsweise in x,y-Koordinaten in einer ICC-Normfarbtafel gegeben.

[0014] Bei dem Mehrkanal-LED-Modul kann es sich um ein Vierkanal-LED-Modul, insbesondere um ein RGBW-(Rot-Grün-Blau-Weiß) oder RGB-BA(Rot-Grün-Blau-Amber)-LED-Modul handeln. An jedem Kanal ist dabei mindestens eine LED angeschlossen.

[0015] Der weiße Kanal kann durch ein RGB-Modul realisiert sein. Alternativ kann er jedoch auch durch mindestens eine blaue LED realisiert ist, wobei sich im Emissionsbereich der blauen LED ein Wellenlängenkonvertierungsmittel befindet, das zumindest die Wellenlänge eines Teils der ausgetretenen Strahlung in eine andere Wellenlänge umwandelt.

[0016] Bei dem Amber Kanal handelt es sich vorzugsweise um einen weißen Kanal, bei dem im Austrittswinkel des Lichts der angeschlossenen LED/LEDs ein bernsteinfarbenes Ergänzungsmittel hinzugefügt ist.

[0017] Die Regelung der einzelnen Kanäle kann über PWM (Pulse Width Modulation) erfolgen. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass keine Regelung durch den Ansteuerstrom notwendig ist. Deshalb kann der Ansteuerstrom auf einen konstanten Wert eingestellt werden.

[0018] Ein weiterer vorteilhafter Aspekt der Erfindung ist die Tatsache, dass die Einstellung des ausgestrahlten Lichts des Mehrkanal-LED-Moduls auf die vorbestimmte Farbe ausschließlich durch Bit-Vergleiche erfolgen kann.

[0019] Erfindungsgemäß kann die zu Regelungszwecken zurückgeführte Lichtfarbe in RGB-Koordinaten gegeben sein.

[0020] Die RGB-Koordinaten der zurückgeführten Lichtfarbe können zum Vergleich mit der vorbestimmten Farbe in x,y-Koordinaten der ICC-Normfarbtafel und einen Parameter für die Helligkeit transformiert werden.

[0021] Die Grobregelung erfolgt vorzugsweise über eine Untergruppe der Kanäle, wobei es sich bei der Untergruppe um den roten und den grünen Kanal handeln kann.

[0022] Der vorgegebene Toleranzbereich, der die Schwelle zwischen der Grob- und der Feinregelung darstellt, ist vorzugsweise ein Vielfaches eines erlaubten Fehlerwerts.

[0023] In einer bevorzugten Ausführung erfolgt die Feinregelung solange, bis das ausgestrahlte Licht soweit der vorgegebenen Farbe entspricht, dass der Fehler, also die Abweichung, nicht größer als der erlaubte Fehlerwert ist.

[0024] Eine Regelung des blauen und des weißen/bernsteinfarbenen Kanals kann dann erfolgen, wenn die eingestellte PWM-Tastverhältnisse des roten und grünen Kanals oberhalb eines erlaubten Maximalwerts oder unterhalb eines erlaubten Minimalwerts liegen.

[0025] Die Erfindung betrifft auch ein Beleuchtungssystem aufweisend ein Mehrkanal-LED-Modul, eine Regeleinheit und eine Sensorvorrichtung. Die Regeleinheit stellt dabei das vom Mehrkanal-LED-Modul ausgestrahlte Licht auf eine vorbestimmte Farbe durch unabhängiges Ansteuern der einzelnen Kanäle ein. Die Sensorvorrichtung führt die tatsächlich ausgestrahlte Lichtfarbe an die Regeleinheit zurück. In einem ersten Schritt erfolgt solange eine Grobregelung, bei der nur die Kanäle einer Untergruppe, insbesondere zwei Kanäle, unabhängig voneinander angepasst werden, bis die insgesamt ausgestrahlte Lichtfarbe innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs liegt. In einem zweiten Schritt erfolgt dann eine Feinregelung, in der alle Kanäle angepasst werden.

[0026] Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Beleuchtungssystem aufweisend ein Mehrkanal-LED-Modul, eine Regeleinheit und eine Sensorvorrichtung. Die Regeleinheit stellt dabei das vom Mehrkanal-LED-Modul ausgestrahlte Licht auf eine vorbestimmte Farbe durch unabhängiges Ansteuern der einzelnen Kanäle ein. Die Sensorvorrichtung führt die tatsächlich ausgestrahlte Lichtfarbe an die Regeleinheit zurück. Die Einstellung der vorbestimmten Farbe erfolgt am Anfang ausschließlich durch das unabhängige Anpassen einzelner Kanäle einer Untergruppe. Jeder Kanal der Untergruppe wird dabei solange unabhängig zu den anderen angepasst, bis die bei ihm eingestellten Parameter einen erlaubten

Maximalwert überschreiten oder einen erlaubten Minimalwert unterschreiten. An Stelle des Kanals mit den unerlaubt hohen oder niedrigen Parameterwerten werden darauf hin andere, nicht zur Untergruppe gehörende Kanäle zur Regelung angepasst.

[0027] Vorzugsweise weist das Beleuchtungssystem einen Speicher auf.

[0028] Die Regeleinheit kann so ausgelegt sein, dass sie ausschließlich Bitvergleiche durchführt.

[0029] Bei der Sensorvorrichtung kann es sich um einen RGB-Farbsensor handeln.

[0030] Nachfolgend soll die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

[0031] [Fig. 1](#) eine vereinfachte Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens an Hand einer ICC-Normfarbtafel

[0032] [Fig. 2](#) ein Vektordiagramm, dass die Regelungsmöglichkeiten durch Variation der Leuchtintensität der einzelnen LEDs wiedergibt

[0033] [Fig. 3](#) ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Flussdiagramms des erfindungsgemäßen Verfahrens

[0034] [Fig. 4](#) ein schematisches Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Beleuchtungssystems

[0035] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels eines Betriebsgerätes erläutert.

[0036] In [Fig. 1](#) ist eine vereinfachte Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Dabei wird das Verfahren an Hand einer ICC-Normfarbtafel erläutert.

[0037] Die ICC-Normfarbtafel wird in x-y Koordinaten wiedergegeben. Im Wesentlichen wird ein Farbraum gezeigt, der die Form eines Dreiecks aufweist. In diesem Dreieck befinden sich alle vom Menschen sichtbare Farben, die durch einen X,Y,Z-Raum definiert werden. Auf Grund einer besseren Visualisierung wurde dieser 3-dimensionale X, Y, Z Raum auf einen 2-dimensionalen x,y-Raum begrenzt. Diese wird dadurch ermöglicht, dass der Parameter für Helligkeit weggelassen wird. Das bedeutet, dass die ICC-Normfarbtafel aus [Fig. 1](#) keine Helligkeitsunterschiede anzeigt. Dieser Parameter ist also separat zu betrachten. Es wird lediglich eine Farbintensität angegeben, wobei der Rand die „reinen“ Farben mit der höchsten Sättigung wiedergibt. Innerhalb des Dreiecks befinden sich Mischfarben.

[0038] Auf dem Planckschem Kurvenzug, auch bekannt als Black-Body Linie, befinden sich die Weißpunkte bei unterschiedlichen Farbtemperaturen. Der definierte Weißpunkt E befindet sich dabei $x = y = z = 0,3333$. Ausgehend von diesem nimmt die Farbsättigung in jede Richtung zu und erreicht ihr jeweiliges Maximum am Rand des Dreiecks.

[0039] Der Rand des Dreiecks wird wie bereits erläutert von Primärfarben definiert, die ausschließlich aus einer Wellenlänge bestehen. Einige davon sind in [Fig. 1](#) eingezeichnet. Grob betrachtet, befindet sich am oberen Ende des Dreiecks bei einer Wellenlänge von ca. 520 nm die Farbe Grün. Das rechte Eck wird bei etwa 650 nm als rot definiert, links unten bei etwa 470 nm befindet sich blau.

[0040] Wird nun ein RGB-LED-Modul eingesetzt, so spannen die rote, grüne und blaue LED in diesem Farbraum ein Dreieck auf. Durch Mischen der drei Farben kann jede Farbe innerhalb dieses Dreiecks erzeugt werden. Dies wird vorzugsweise durch unterschiedlich starkes Ansteuern der LEDs realisiert. Dabei ist eine Regelung der LEDs über den Ansteuerstrom denkbar. Bevorzugt wird jedoch eine Ansteuerung mit konstanten Strom und einer variablen PWM(Pulse-Width-Modulation)-Pulsweite. Durch die Verwendung der drei LEDs kann nicht nur jede Farbe innerhalb des Dreiecks erzeugt werden. Es kann darüber hinaus als zusätzlicher Parameter jede unterschiedliche Helligkeitsstufe realisiert werden.

[0041] Durch das Hinzufügen einer vierten Farbe, wie Weiß oder Bernstein, kann eine weitere Verfeinerung der Einstellungsmöglichkeiten erreicht werden. Beim Hinzufügen der bernsteinfarbenen LED kann sogar der erzeugbare Farbraum erhöht werden, da nun der erzeugbare Farbraum nicht mehr durch ein Dreieck, sondern durch ein Viereck aufgespannt wird.

[0042] Ein Kanal steuert dabei eine bestimmte Farbe an, wobei an einem Kanal auch mehr als eine LED angeschlossen sein können. Dies bedeutet, dass beispielsweise am blauen Kanal mehrere blaue LEDs angeschlossen sein können.

[0043] Darüber hinaus ist es auch denkbar, dass zusätzliche Kanäle realisiert werden. Dies kann dadurch erreicht werden, dass an einem Kanal verschiedenfarbige LEDs angeschlossen werden. Beispielsweise lässt sich ein magentafarbene Kanal dadurch erreichen, dass mindestens eine blaue und mindestens eine rote LED angeschlossen werden.

[0044] Eine Mischung der einzelnen Leuchtfarben wird durch geeignete Mittel, vorzugsweise durch eine Mischscheibe, erreicht.

[0045] In dem in [Fig. 1](#) gezeigten Beispiel wird an-

fangs von einem Vierkanal-RGBA-LED-Modul eine Lichtfarbe erzeugt, die einer Farbe am Punkt A entspricht.

[0046] Die vorbestimmte Zielfarbe entspricht der an Punkt C.

[0047] Erfindungsgemäß wird nun also zuerst eine Grobregelung durchgeführt, bis die ausgestrahlte Lichtfarbe innerhalb eines bestimmten Toleranzbereichs liegt. Dieser wird hier durch den Kreis um Punkt C wiedergegeben. In dieser Grobregelung wird lediglich rot und grün variiert. Blau und Amber (bernsteinfarben) bleiben konstant. Hier wird der Vorteil ausgenutzt, dass eine Variierung von grün grob betrachtet einer Änderung des insgesamt ausgestrahlten Lichts in y-Richtung entspricht. eine Variierung von rot entspricht dagegen grob betrachtet einer Änderung des insgesamt ausgestrahlten Lichts in x-Richtung. Das bedeutet, dass durch unabhängiges Regeln von Rot und Grün unabhängige Dimensionen im Farbraum variiert werden.

[0048] Eine weitere Verdeutlichung hierzu zeigt das Vektordiagramm aus [Fig. 2](#). Dabei wird durch eine Verstärkung der grünen LED, bzw. des grünen Kanals, eine Verschiebung in y-Richtung erzielt. Eine Verstärkung der roten LED bedeutet dagegen eine Verschiebung in x-Richtung. Durch eine Verstärkung der blauen LED wird eine Verschiebung grob Richtung Ursprung erreicht. Eine Verstärkung der bernsteinfarbenen LED eine Verschiebung entgegen der von einer Verstärkung der blauen LED, wobei bei der blauen der y-Anteil geringer ist.

[0049] Es wird also nun also in [Fig. 1](#) eine Grobregelung nur durch Verändern des roten und des blauen Kanal durchgeführt. Dabei wird eine schnelle Änderung der insgesamt ausgestrahlten Lichtfarbe dadurch erreicht, dass die Änderung der Leuchtintensität einer LED eine größere Schrittweite aufweist.

[0050] Erfindungsgemäß wird darüber hinaus berücksichtigt, ob ein Kanal einen maximal oder minimal erlaubten Grenzwert über- oder unterschritten hat. Ist dies der Fall, so wird eine weitere Regelung mittels des blauen und/oder des weißen Kanals an Stelle des Kanals mit unerlaubt hohen oder niedrigen Ansteuerparametern durchgeführt. Weitere Erläuterungen hierzu sind in der Beschreibung zu [Fig. 3](#) zu finden.

[0051] Die Grobregelung wird dann durch eine Feinregelung ersetzt, wenn die insgesamt erzeugte Lichtfarbe an Punkt B, dem weißen Pfeil folgend, angekommen ist, der sich auf dem Kreis um den Zielpunkt C befindet. In der Feinregelung wird zur Änderung eine kleinere Schrittweite verwendet. Außerdem werden nun zur Annäherung an den Zielpunkt C alle Kanäle unabhängig voneinander variiert. Eine Annähe-

rung lässt sich also nun durch Verschiebung in vier verschiedene Richtungen erzielen, wobei die vier Richtungen in [Fig. 2](#) dargestellt sind. Die Regelung ist dann beendet, wenn die Ungenauigkeit nicht größer als ein erlaubter Fehlerwert ist.

[0052] Zusätzlich kann ebenfalls noch eine Anpassung der Helligkeit an einen vorgegebenen Wert erfolgen.

[0053] [Fig. 3](#) zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Flussdiagramms des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0054] In Schritt A erfolgt eine Initialisierung. Hier werden die wesentlichen Parameter des erfindungsgemäßen Verfahrens festgelegt. Die Schrittweise, mit der eine Anpassung erfolgt wird auf grob (fastStep) eingestellt. Das bedeutet, dass zumindest im ersten Durchlauf des Flussdiagramms eine Grobregelung erfolgt.

[0055] In Schritt B wird überprüft, ob eine weitere Anpassung notwendig ist. Hierbei wird festgestellt, ob die Ungenauigkeit des Ist-werts (x, y) zum Sollwert (Targetx, Targety) innerhalb eines erlaubten Fehlerwerts (error) liegt. Ist dies der Fall, so ist das Verfahren beendet.

[0056] Wenn in Schritt C alle vier Kanäle (RGBW) kleiner als die Hälfte des maximal zulässigen PWM Werts sind, dann wird für jeden Kanal festgestellt, ob der Kanal ausschaltet ist.

[0057] Wenn der jeweilige Kanal nicht aus ist, wird die PWM-Pulsweite dieses Kanals um 50% der maximal zulässigen PWM-Pulsweite erhöht. Ist der Kanal jedoch aus, wird der nächste Kanal überprüft.

[0058] In Schritt D1 werden die Kanäle mit den jeweiligen PWM-Pulsweiten eingestellt.

[0059] Daraufhin werden in D2 mittels des Farbsensors die RGB-Istwerte gemessen.

[0060] In D3 erfolgt eine Transformation der RGB-Istwerte in (X, Y, Z) Koordinaten. Diese werden anschließend in x,y,z-Koordinaten umgerechnet. Daraus ergeben sich die sich schließlich die x-Ist (x) und y-Ist (y) Werte.

[0061] In Schritt E wird eine Anpassung des x-Ist-werts durch Veränderung des roten Kanals und des y-Ist-werts durch Veränderung des grünen Kanals durchgeführt.

[0062] Dabei wird in E1 zuerst x-Ist (x) mit x-Soll (Targetx) verglichen. Falls X-Ist zu klein ist, wird Rot in E2 um einen fastStep erhöht.

[0063] Nun wird in E3 überprüft, ob bereits ein x,y-Istwert innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs erreicht wurde. Der vorgegebene Toleranzbereich ist dabei ein Vielfaches K des erlaubten Fehlerwerts "error".

[0064] Ist dies der Fall, so wird für Rot auf eine Feinregelung umgeschaltet. Dies wird in D4 dadurch erreicht, dass von fastStep auf fineStep umgeschaltet wird.

[0065] Es ist auch denkbar, dass das Verfahren mehr als zwei Regelungsstufen aufweist. Dies bedeutet, dass es nicht nur eine Grob- und eine Feinregelung gibt. Hierfür kann K eine Variable darstellen, die mit zunehmendem Annähern des Istwerts an den Sollwert geringer wird. Diese Verringerung von K wird dabei jedesmal vorgenommen, wenn eine neue Annäherungsstufe erreicht worden ist. Beim Erreichen einer neuen Annäherungsstufe wird natürlich auch die Änderungs-Schrittweite einer Farbe auf eine kleinere verringert.

[0066] In den Schritten E11 bis E15 wird ein analoges Verfahren für den Fall durchgeführt, dass der x-Istwert zu groß ist.

[0067] In den Schritten E21 bis E35 wird ein zu E1 bis E15 analoges Verfahren für einen Vergleich zwischen dem y-Istwert und dem y-Sollwert mit entsprechender Anpassung von Grün durchgeführt.

[0068] In den Schritte F bis I wird nun überprüft, ob sich die PWM-Pulsweite des roten und/oder des grünen Kanals in einem unerlaubt hohen oder niedrigen Bereich befindet. Ist dies der Falls, so wird mit dem blauen anstelle des roten, bzw. mit dem weißen und dem blauen Kanal anstelle des grünen Kanals geregelt.

[0069] In Schritt F wird also überprüft, ob die bei Rot eingestellte Pulsweite über einem maximal erlaubten Wert liegt. Ist dies der Fall, werden der X-Istwert und der Y-Istwert durch Anpassen des blauen Kanals angepasst.

[0070] Ist in F1 die PWM-Pulsweite von Rot über einem maximal zulässigen Wert, wird diese auf den maximal zulässigen Wert gesetzt. Nun folgt ein zu E1 bis E35 analog ablaufender Vergleich des x-Istwerts und des y-Istwerts, ob diese Werte unter oder über den Soll-Werten liegen. Dabei wird jedoch nicht der rote oder der grüne Kanal angepasst, sondern jeweils der blaue Kanal.

[0071] Es folgt wieder jeweils eine Entscheidung, ob die Schrittgeschwindigkeit von Blau auf Faststep oder Finestep eingestellt werden soll. Diese Entscheidung wird wieder in Abhängigkeit davon getroffen, ob sich der x-Istwert und y-Istwert innerhalb ei-

nes K-Fachen des Toleranzbereichs „error“ befinden.

[0072] In Schritt G wird überprüft, ob sich Rot unter einem minimal erlaubten Wert UL befindet. Ist dies der Fall, so wird erneut eine Anpassung des x-Istwerts und des y-Istwerts durch Anpassen des blauen Kanals vorgenommen. Ist in Schritt G1 die PWM-Pulsweite von Rot unter dem UL-Wert, dann wird in G2 die Schrittgeschwindigkeit von Rot auf 1 gesetzt.

[0073] Falls die PWM-Pulsweite von Rot kleiner 1 ist, dann wird diese in G4 auf den Wert 0 gesetzt. Erneut folgt nun ein zu F11 bis F45 analoger Vergleich von x-Ist und y-Ist, ob diese Werte unter oder über den Soll-Werten liegen. Dabei wird wieder jeweils der Blau-Kanal angepasst.

[0074] Es folgt wieder jeweils eine Entscheidung, ob die Schrittgeschwindigkeit von Blau auf Faststep oder Finestep eingestellt werden soll. Diese Entscheidung wird wieder in Abhängigkeit davon getroffen, ob sich der x-Ist und y-Ist Wert innerhalb eines K-Fachen des Toleranzbereichs „error“ befinden.

[0075] In Schritt H wird überprüft, ob sich die Pulsweite von Grün über einer maximal zulässigen Pulsweite befindet. Ist dies der Fall, so werden der x-Istwert und der y-Istwert durch Verändern der Pulsweite von Blau und Weiß angepasst. Es wird in H1 festgestellt, ob die PWM-Pulsweite von Grün über dem maximal zulässigen PWM-Wert liegt. Ist dies der Fall, so wird der Wert in H2 auf den maximal zulässigen PWM-Wert gesetzt. Erneut wird eine Anpassung auf die in den Schritten F11 bis F45 beschriebene Art vorgenommen, wobei nun nicht nur Blau angepasst wird, sondern Blau und Weiß gemeinsam. Zu beachten ist dabei, dass bei einem zu kleinem x-Istwert Blau und Weiß in H11-H15 jeweils um eine Schrittweite verringert und bei einem zu großem x-Istwert in H21-H25 um eine Schrittweite erhöht werden.

[0076] Beim Vergleich des y-Istwerts mit dem y-Sollwert wird jedoch bei einem zu kleinem y-Istwert die Schrittweite des blauen Kanals in H31–H35 um eine Schrittweite verringert und Weiß um eine Schrittweite erhöht. Bei einem zu großem y-Istwert wird dagegen in H41–H45 Blau um eine Schrittweite erhöht und Weiß um eine Schrittweite verringert.

[0077] In Schritt I wird überprüft, ob sich die Pulsweite des grünen Kanals unter einem minimal erlaubten Wert UL befindet. Ist dies der Fall, so wird erneut eine Anpassung des x-Istwerts und des y-Istwerts durch Anpassen des weißen und des blauen Kanals vorgenommen. Wenn die PWM-Pulsweite von Grün unter dem UL-Wert liegt, wird in I2 die Schrittgeschwindigkeit von Grün auf 1 gesetzt. Falls die PWM-Pulsweite von Grün kleiner 1 ist, wird diese in I4 auf den Wert 0 gesetzt.

[0078] Anschließend wird eine Anpassung von Blau und Weiß auf die in den Schritten H11–H45 beschriebene Weise durchgeführt.

[0079] In Schritt K wird festgestellt, ob die PWM-Pulsweite von Blau über dem maximal zulässigen PWM-Wert liegt. Ist dies der Fall, so wird der Wert auf den maximal zulässigen PWM-Wert gesetzt. Anschließend wird in K3 überprüft, ob die PWM-Pulsweite von Grün unter dem UL-Wert liegt. Ist dies der Fall, so wird die Schrittgeschwindigkeit von Blau auf 1 gesetzt. Falls der PWM-Wert von Blau kleiner 1 ist, dann wird dieser auf den Wert 0 gesetzt.

[0080] In Schritt L wird dasselbe Verfahren, das in Schritt K für Blau beschrieben worden ist, nun für Weiß durchgeführt.

[0081] In Schritt M wird zum Start in Schritt B zurückgesprungen. Dadurch bildet sich eine Schleife und das Verfahren kann solange durchgeführt werden, bis ein gegebener Fehlerwert nicht überschritten wird.

[0082] In [Fig. 4](#) wird ein schematisches Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Beleuchtungssystems gezeigt.

[0083] Das Beleuchtungssystem 1 weist dabei eine Regeleinheit 2 auf. Diese wiederum kann aus einem kostengünstigen Prozessor bestehen, da dank des erfindungsgemäßen Verfahrens lediglich einfache Bit-Vergleiche vorgenommen werden müssen. Selbstverständlich können jedoch auch hochwertigere Prozessoren wie Cordic-Prozessoren oder andere Typen wie digitale Signalprozessoren, oder ASICs eingesetzt werden.

[0084] Die Regeleinheit 2 ist über einen Bus 6 mit einem LED-Modul 3 verbunden. Der Bus besteht hier aus 4 von einander unabhängigen Kanälen 5, wobei jeder Kanal eine Leuchtfarbe regelt.

[0085] Das LED-Modul ist hier als ein Element ausgebildet, das vier verschiedenfarbige LEDs 4 umfasst. Diese können eine rote, eine grüne, eine blaue und eine weiße sein. Alternativ oder zusätzlich zur weißen LED kann jedoch auch eine bernsteinfarbene LED eingesetzt werden. Außerdem ist denkbar, an Stelle von einer LED einer Farbe mehrere zu verwenden, die an demselben Kanal 5 angeschlossen sind. Der weiße Kanal kann durch ein separates RGB-Modul realisiert sein. Alternativ kann er jedoch auch durch mindestens eine blaue LED realisiert ist, wobei sich im Emissionsbereich der blauen LED ein Wellenlängenkonvertierungsmittel befindet, das zumindest die Wellenlänge eines Teils der ausgetretenen Strahlung in eine andere Wellenlänge umwandelt.

[0086] Wenn ein Amber-Kanal eingesetzt werden

soll, so handelt es sich dabei vorzugsweise um einen weißen Kanal in oben beschriebener Ausführungsform, bei dem im Austrittswinkel des Lichts der einen oder mehreren LEDs ein bernsteinfarbenes Ergänzungsmittel hinzugefügt ist.

[0087] Das vom LED-Modul ausgestrahlte Licht 11 wird durch dafür geeignete Mittel, beispielsweise durch eine Streuscheibe so gemischt, dass eine einheitliche Leuchtfarbe entsteht.

[0088] Es können an dem Bus 6 auch mehrere LED-Module angeschlossen sein.

[0089] Die Erfindung ist außerdem nicht auf LEDs beschränkt. Es können an Stelle dieser auch jede andere Art von farbigen Leuchten verwendet werden.

[0090] Eine Sensorvorrichtung 7 ist an der Regeleinheit 2 angeschlossen. Dabei handelt es sich um einen RGB-Farbsensor. Dieser misst das vom mindestens einem LED-Modul ausgestrahlte Licht 11. Dank der drei unabhängigen Messgrößen können sowohl alle durch Kombination der drei Farben erzeugbare Farben gemessen werden, als auch die Helligkeit. Dennoch ist denkbar, einen weiteren Helligkeitssensor an die Regeleinheit anzuschließen, beispielsweise einen Tageslichtsensor.

[0091] Zusätzlich zur oben beschriebenen Anpassung der Leuchtfarbe kann also ebenfalls noch eine Anpassung der Helligkeit an einen vorgegebenen Wert erfolgen.

[0092] Die drei unabhängigen Messgrößen werden über die Schnittstelle 8 an die Regeleinheit zur oben beschriebenen adaptiven Ansteuerung der LEDs übermittelt.

[0093] Die Regeleinheit 10 weist darüber hinaus eine Schnittstelle 10 auf. Diese kann als Benutzerschnittstelle ausgebildet sein. Beispielsweise kann es sich um ein Eingabegerät handeln, mittels derer ein Benutzer der Regeleinheit einen Farbsollwert und evtl. einen Helligkeitwert übermittelt. Mit Hilfe der Farbsensormessung könnte die Leuchtfarbe der LEDs 4 dem eingestellten Wert entsprechend angepasst werden.

[0094] Bei der Schnittstelle 10 kann es sich jedoch auch um eine Schnittstelle zu einer zentralen Steuereinheit handeln. Bei letzterer kann es sich um eine programmierbare Zeitschaltuhr handeln, die zu verschiedenen Tageszeiten unterschiedlich Leuchtprogramme durchläuft.

[0095] Optional kann das Beleuchtungssystem einen Speicher 9 aufweisen. In diesem können beispielsweise eingestellte Farbvorgaben gespeichert werden. So lässt sich ebenfalls das Beleuchtungs-

system auf unterschiedliche zeitlich ändernde
Leuchteigenschaften programmieren.

Bezugszeichenliste

- 1 Beleuchtungssystem
- 2 Regeleinheit
- 3 LED-Modul
- 4 LED
- 5 Farbkanal
- 6 Bus
- 7 Farbsensor
- 8 Schnittstelle zwischen Farbsensor und Regel-
einheit
- 9 Speicher
- 10 Schnittstelle
- 11 ausgestrahltes Licht

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 6552495 B1 [0003]
- US 2008/0169770 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Mehrkanal-LED-Moduls (3),

wobei das vom Mehrkanal-LED-Modul (3) ausgestrahlte Licht auf eine Zielfarbkoordinate durch unabhängiges Ansteuern der einzelnen Kanäle (5) eingestellt wird und die tatsächlich ausgestrahlte Lichtfarbe (11) zu Regelungszwecken zurückgeführt wird **dadurch gekennzeichnet**, dass

– in einem ersten Schritt solange eine Grobregelung erfolgt, bei der nur die Kanäle einer Untergruppe, insbesondere zwei Kanäle, unabhängig voneinander angepasst werden, bis die insgesamt ausgestrahlte Lichtfarbe innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs um eine Zielfarbkoordinate liegt, und
– in einem zweiten Schritt eine Feinregelung erfolgt, in der alle Kanäle angepasst werden.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Feinregelung solange erfolgt, bis das ausgestrahlte Licht soweit der vorgegebenen Farbkoordinate entspricht, dass der Fehler nicht größer als ein erlaubter Fehlerwert ist.

3. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgegebene Toleranzbereich, der die Schwelle zwischen der Grob- und der Feinregelung darstellt, ein Vielfaches des erlaubten Fehlerwerts ist.

4. Verfahren zum Betrieb eines Mehrkanal-LED-Moduls (3),

wobei das vom Mehrkanal-LED-Modul (3) ausgestrahlte Licht auf eine vorbestimmte Farbkoordinate durch unabhängiges Ansteuern der einzelnen Kanäle (5) eingestellt wird und die tatsächlich ausgestrahlte Lichtfarbe (11) zu Regelungszwecken zurückgeführt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die Einstellung der vorbestimmten Farbkoordinate am Anfang ausschließlich durch das unabhängige Anpassen einzelner Kanäle einer Untergruppe erfolgt,

– jeder Kanal der Untergruppe solange unabhängig zu den anderen angepasst wird, bis die bei ihm eingestellten Parameter einen erlaubten Maximalwert überschreiten oder einen erlaubten Minimalwert unterschreiten, und

– an Stelle des Kanals mit den unerlaubt hohen oder niedrigen Parameterwerten andere, nicht zur Untergruppe gehörende Kanäle zur Regelung angepasst werden.

5. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Farbkoordinate in x,y-Koordinaten in einer ICC-Normfarbtafel gegeben ist.

6. Verfahren gemäß einem der vorherigen An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Mehrkanal-LED-Modul (3) um ein Vierkanal-LED-Modul, insbesondere um ein RGBW-(Rot-Grün-Blau-Weiß) oder RGBAB-(Rot-Grün-Blau-Amber)-LED-Modul handelt, wobei an jedem Kanal mindestens eine LED angeschlossen ist.

7. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der weiße Kanal durch ein RGB-Modul oder mindestens eine blaue LED realisiert ist, wobei sich im Emissionsbereich der blauen LED ein Wellenlängenkonvertierungsmittel befindet, das zumindest die Wellenlänge eines Teils der ausgetretenen Strahlung in eine andere Wellenlänge umwandelt.

8. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung der einzelnen Kanäle (5) über PWM erfolgt, wobei der Ansteuerstrom vorzugsweis auf einen konstanten Wert eingestellt wird.

9. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung des ausgestrahlten Lichts (11) des Mehrkanal-LED-Moduls (3) auf die vorbestimmte Farbkoordinate ausschließlich Bit-Vergleiche durchgeführt werden.

10. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zu Regelungszwecken zurückgeführte Lichtfarbe (8) in RGB-Koordinaten gegeben ist.

11. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die RGB-Koordinaten der zurückgeführten Lichtfarbe zum Vergleich mit der vorbestimmten Farbe in x,y-Koordinaten der ICC-Normfarbtafel und einen Parameter für die Helligkeit transformiert wird.

12. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Regelung des blauen und des weißen/bernsteinfarbenen Kanals dann erfolgt, wenn die eingestellten PWM-Tastverhältnisse des roten und grünen Kanals oberhalb eines erlaubten Maximalwerts oder unterhalb eines erlaubten Minimalwerts liegen.

13. Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Grobregelung über eine Untergruppe der Kanäle erfolgt, wobei es sich bei der Untergruppe um den roten und den grünen Kanal handelt.

14. Beleuchtungssystem (1) aufweisend ein Mehrkanal-LED-Modul (3), eine Regeleinheit (2) und eine Sensorvorrichtung (7), wobei die Regeleinheit (2) das vom Mehrka-

nal-LED-Modul (2) ausgestrahlte Licht (11) auf eine vorbestimmte Farbkoordinate durch unabhängiges Ansteuern der einzelnen Kanäle (5) einstellt und die Sensorvorrichtung (7) die tatsächlich ausgestrahlte Lichtfarbe (11) der Regeleinheit (2) zurückführt dadurch gekennzeichnet, dass

- in einem ersten Schritt solange eine Grobregelung erfolgt, bei der nur die Kanäle einer Untergruppe, insbesondere zwei Kanäle, unabhängig voneinander angepasst werden, bis die insgesamt ausgestrahlte Lichtfarbe innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs liegt, und
- in einem zweiten Schritt eine Feinregelung erfolgt, in der alle Kanäle angepasst werden.

15. Beleuchtungssystem (1) aufweisend ein Mehrkanal-LED-Modul (3), eine Regeleinheit (2) und eine Sensorvorrichtung (7), wobei die Regeleinheit (2) das vom Mehrkanal-LED-Modul (3) ausgestrahlte Licht (11) auf eine vorbestimmte Farbkoordinate durch unabhängiges Ansteuern der einzelnen Kanäle (5) einstellt und die Sensorvorrichtung (7) die tatsächlich ausgestrahlte Lichtfarbe (11) der Regeleinheit (2) zurückführt dadurch gekennzeichnet, dass

- die Einstellung der vorbestimmten Farbe am Anfang ausschließlich durch das unabhängige Anpassen einzelner Kanäle einer Untergruppe erfolgt,
- jeder Kanal der Untergruppe solange unabhängig zu den anderen angepasst wird, bis die bei ihm eingestellten Parameter einen erlaubten Maximalwert überschreiten oder einen erlaubten Minimalwert unterschreiten und
- an Stelle des Kanals mit den unerlaubt hohen oder niedrigen Parameterwerten andere, nicht zur Untergruppe gehörende Kanäle zur Regelung angepasst werden.

16. Beleuchtungssystem (1) gemäß den Ansprüchen 14 und 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Beleuchtungssystem (1) einen Speicher (9) aufweist.

17. Beleuchtungssystem (1) gemäß den Ansprüchen 14 und 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinheit (2) so ausgelegt ist, dass sie ausschließlich Bitvergleiche durchführt.

18. Beleuchtungssystem (1) gemäß den Ansprüchen 14 und 15, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Sensorvorrichtung (7) um einen RGB-Farbsensor handelt.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

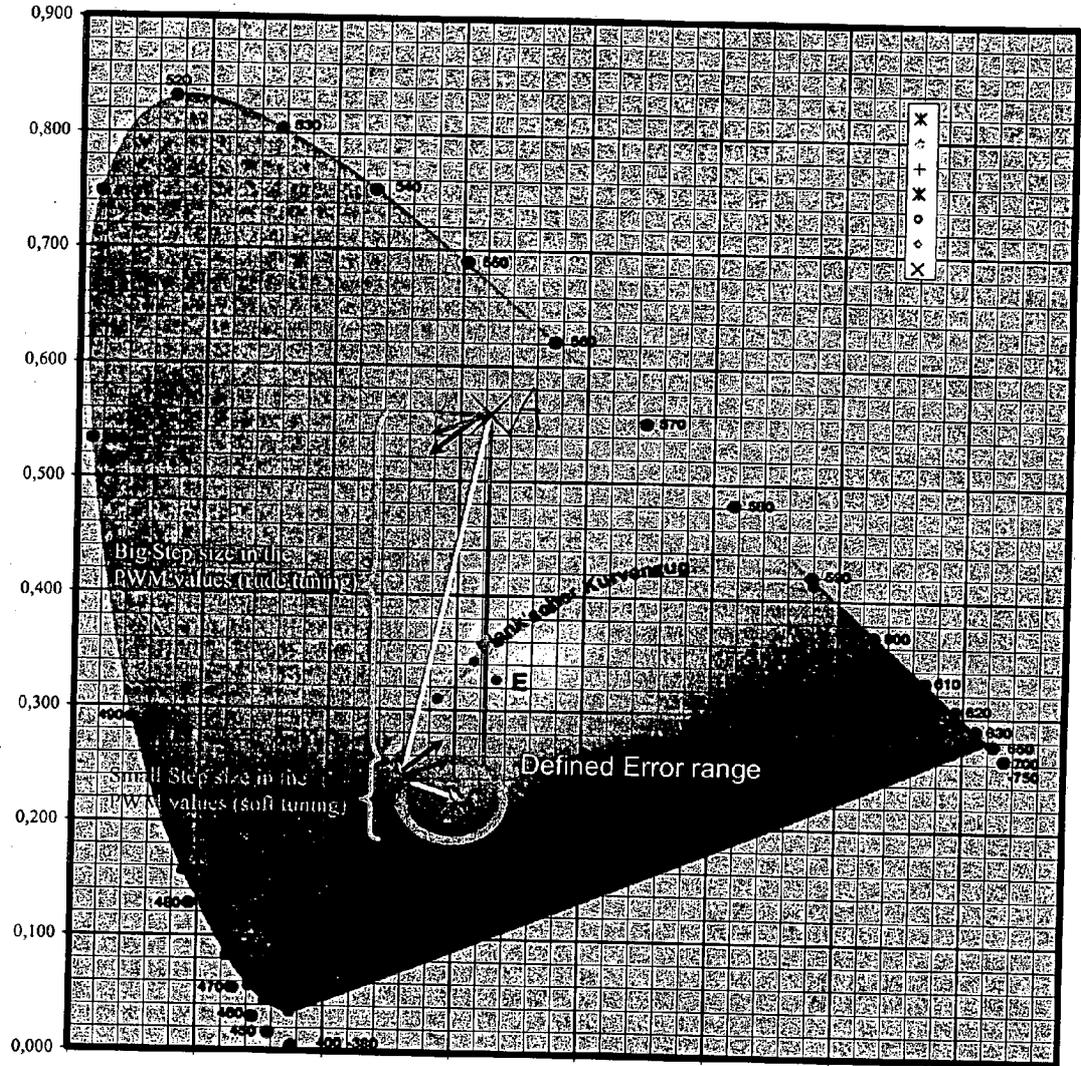
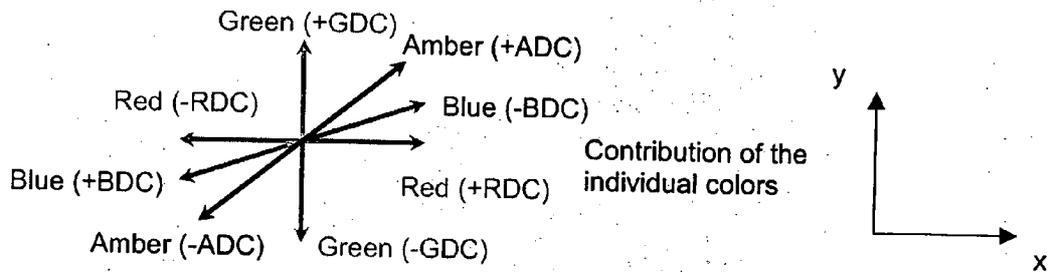


Fig. 2



RDC Duty cycle of the RED LED PWM signal (0%-100%)
GDC Duty cycle of the GREEN LED PWM signal (0%-100%)
BDC Duty cycle of the GREEN LED PWM signal (0%-100%)
ADC Duty cycle of the AMBER LED PWM signal (0%-100%)

Fig.3

A

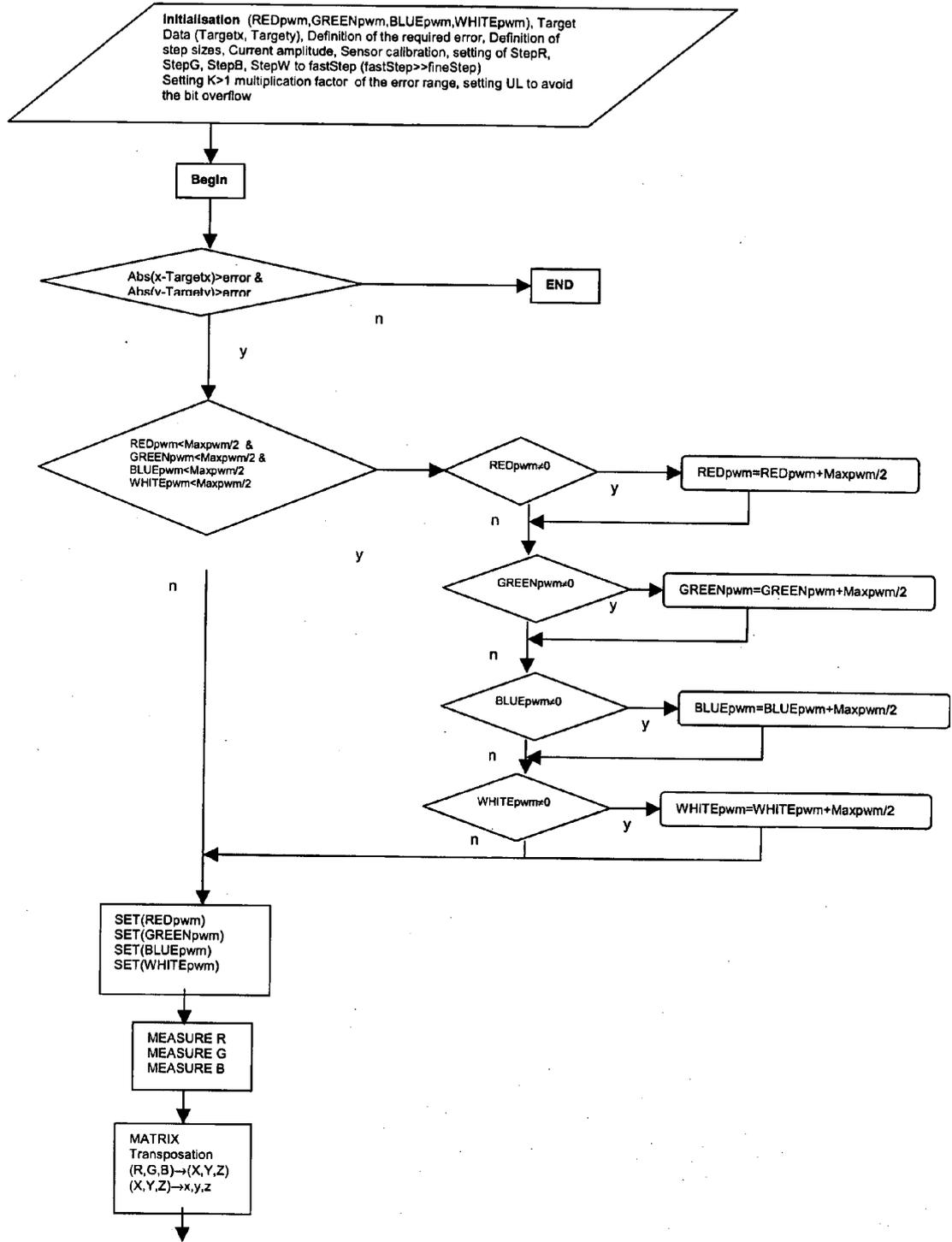
B

C

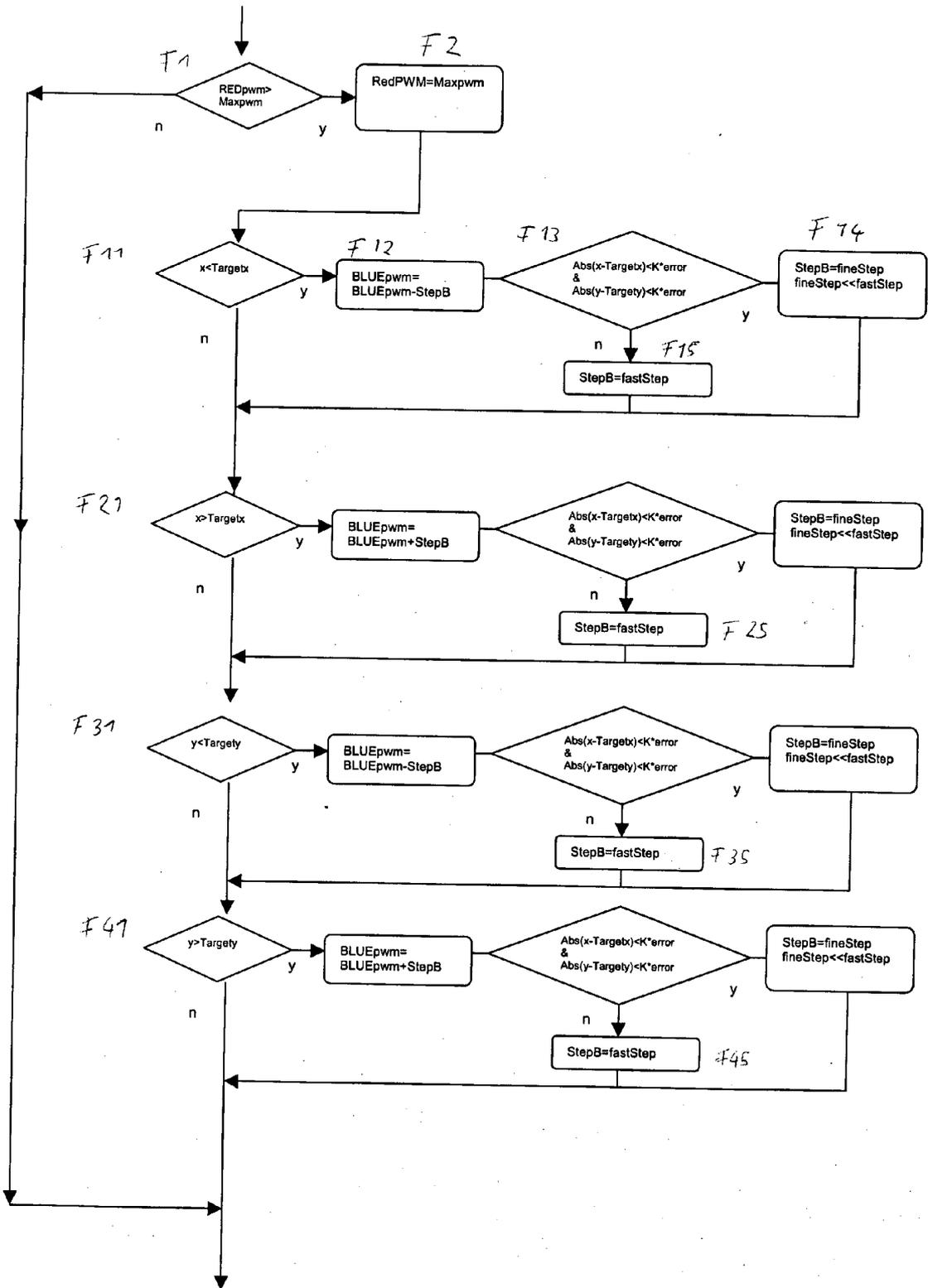
D1

D2

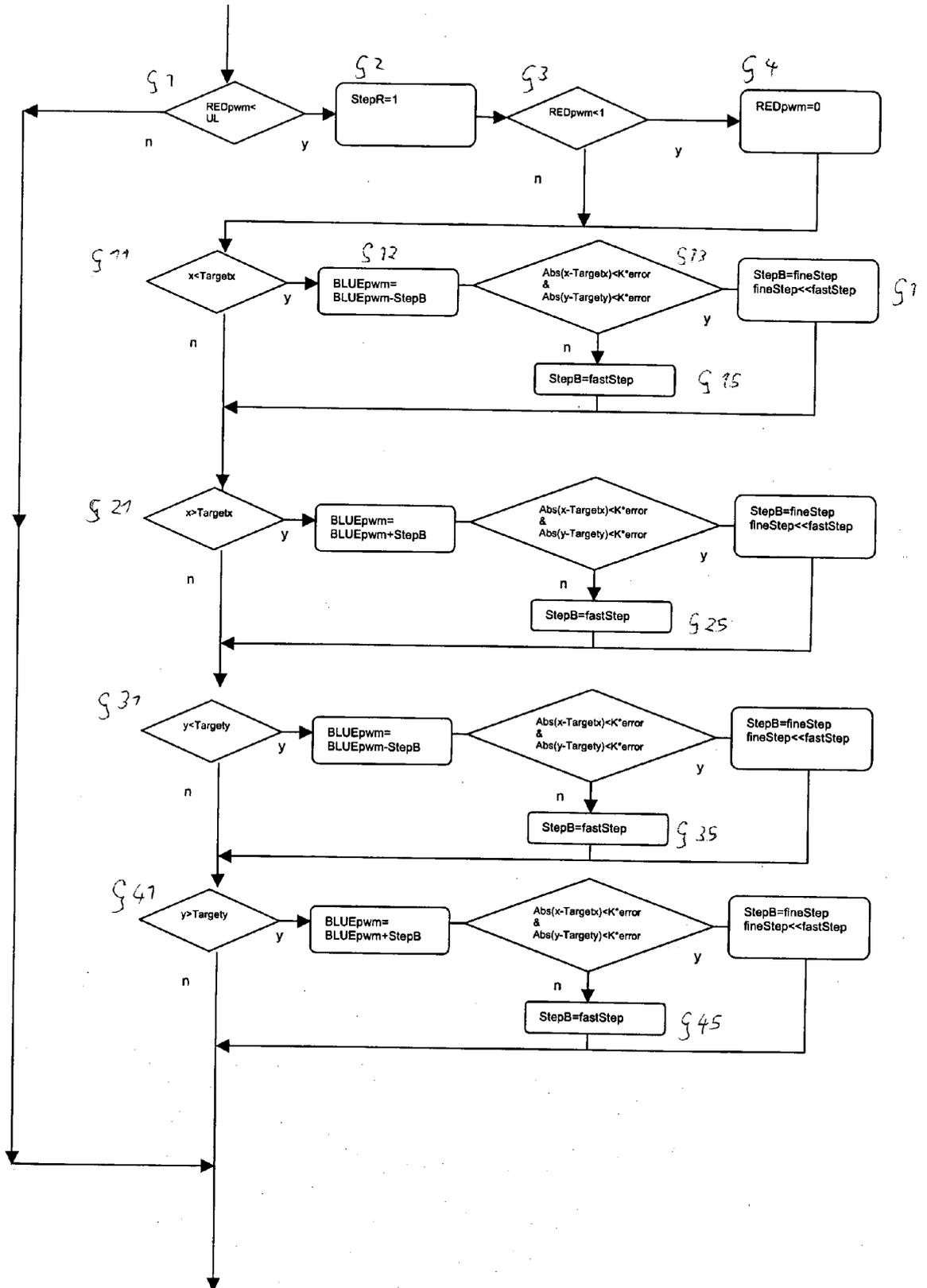
D3



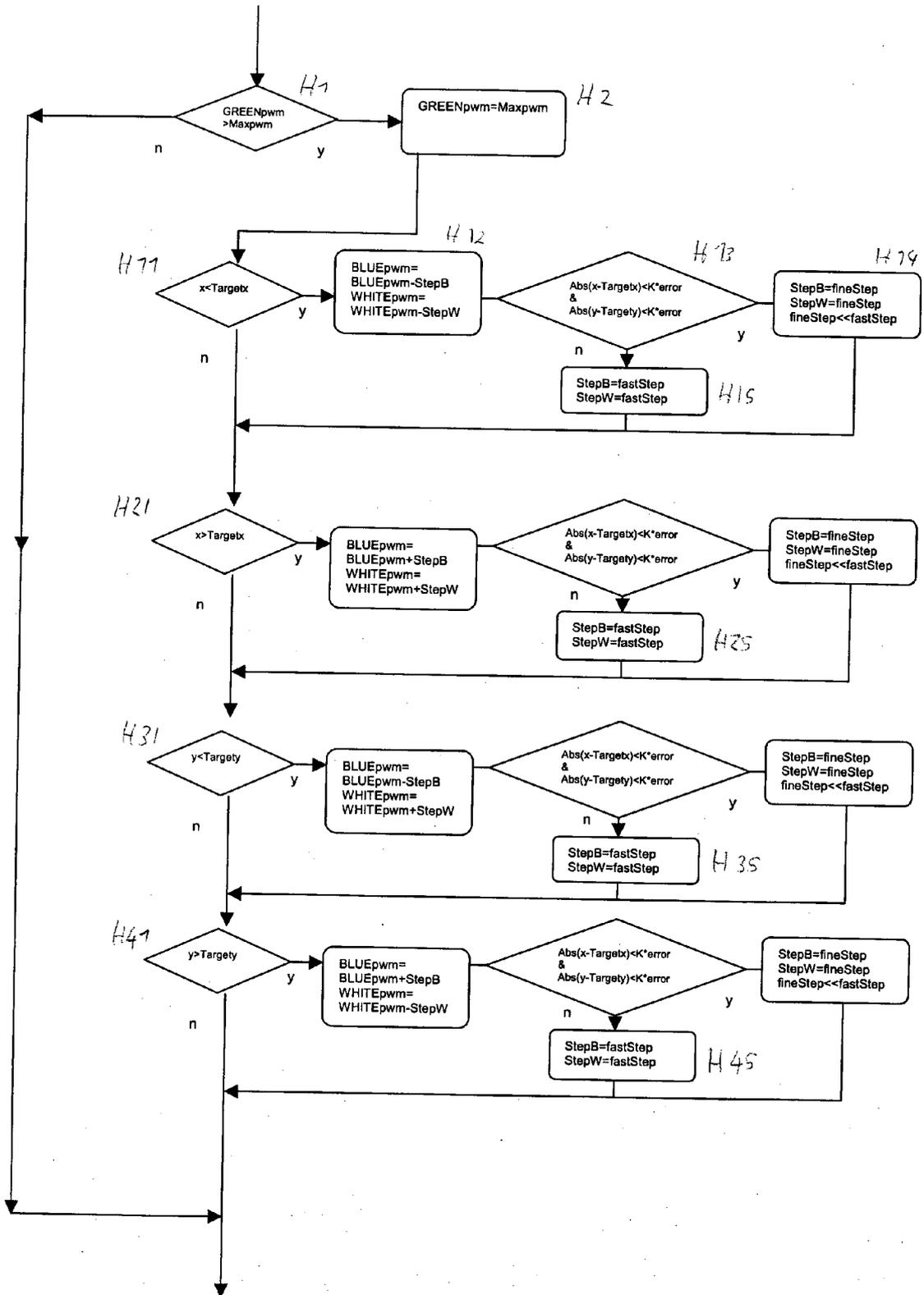
F



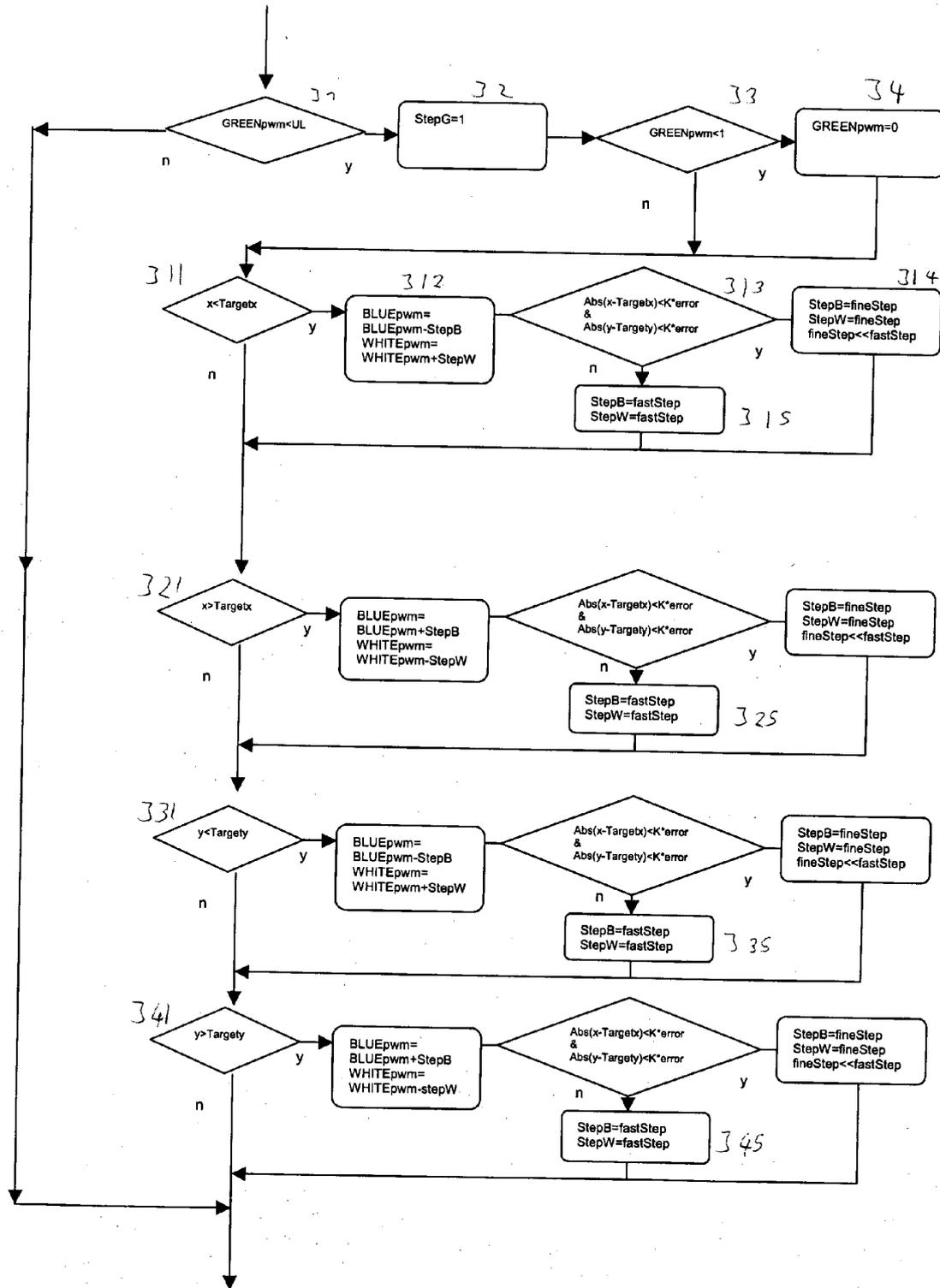
9.



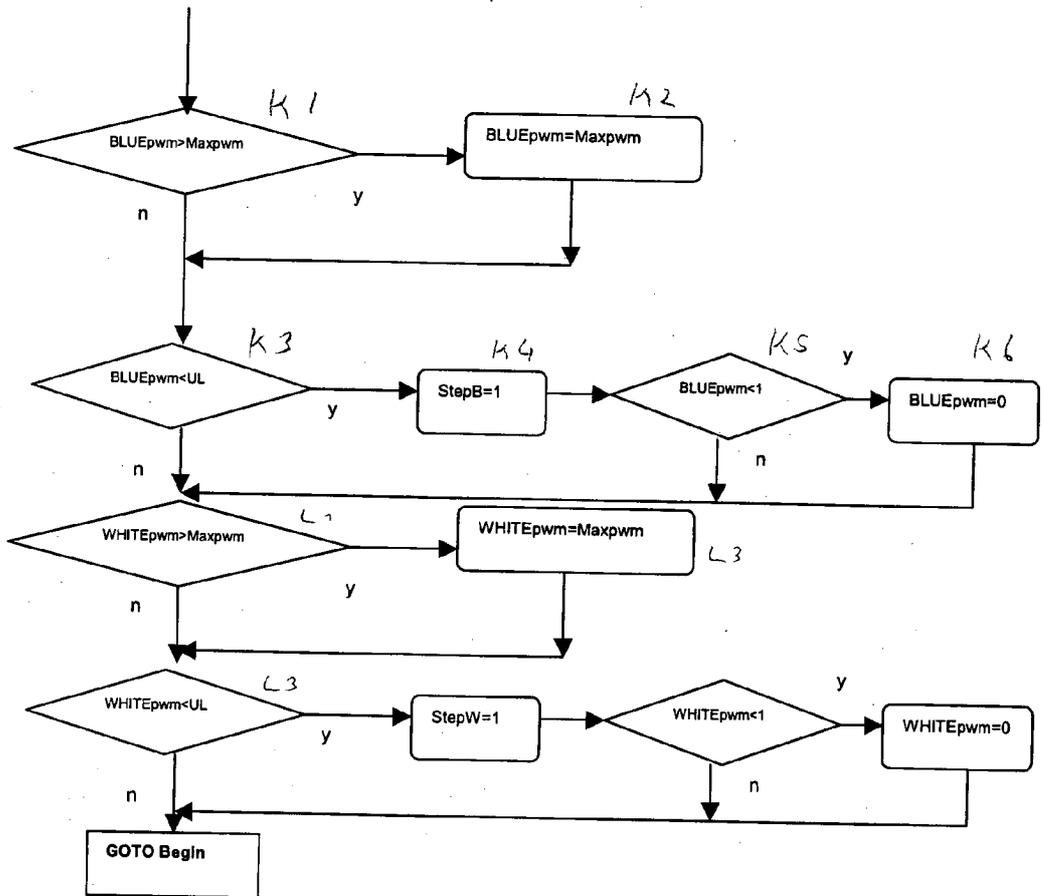
H.



3.



K



L

M

FIG. 4

